

الثقوب السوداء والأكوان الطفلة

ومواضيع أخرى

ستيفن هوكينغ





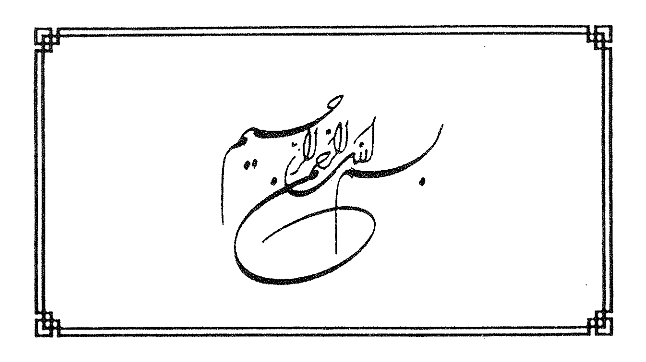


هذا الكتاب

الزمن التخيلي والجمع على التواريخ والأكوان الطفلة وتبخر الثقوب السوداء .... هي بعض المفاهيم الغريبة وغير المألوفة التي يتصدى لها ستيفن هوكينغ، على الرغم من اصابته بمرض العصب الحركي الذي أقعده منذ أيام شبابه الأولى، واصابته فيما بعد بمرض ذات الرئة الذي ذهب بصوته تاركاً اياه يتواصل مع محيطه ويؤلف الكتب والمقالات العلمية ويلقي المحاضرات والأحاديث المتنوعة مستخدما صوتاً حاسوبيا. لقد هزم هوكينغ - الذي جلس على كرسي أستاذ الرياضيات في جامعة كامبريدج الذي احتله من قبل كل من نيوتن وديراك - المرض وتحول الى نجم متوهج في عالم الفيزياء يضيء الزمان والمكان ويكشف أسرار الكون .






بسم الله الرحمن الرحیم

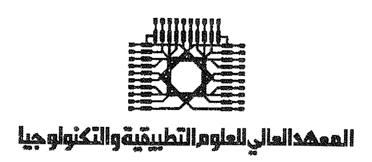


دمشق ـ اوتستراد المزة. ص.ب: ١٦٠٣٥
هاتف : ٦٦١٨٠١٣ ـ ٦٦١٨٩٦١
تلفاكس : ٦٦١٨٨٢٠ ـ برقياً : طلاسدار

ريع الدار
لهيئة مدارس أبناء وبنات الشهداء في الجمهورية العربية السورية

الثقوب السـوداء والأكوان الطفلة

ومواضيع أخرى



صدر هذا الكتاب بالتعاون مع المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا بدمشق.

الطبعة الأولى - ١٩٩٨

سلسلة
الثقافة
المميزة
14

ستيفن هوكينغ

الثقوب السوداء والأكوان الطفلة

ومواضيع أُخرى

ترجمة: د. حاتم النجدي

مراجعة: د. عبد الحليم منصور

عنوان الكتاب باللغة الانكليزية

BLACK HOLES

and

BABY UNIVERSES

and Other Essays

Stephen Hawking



BANTAM BOOKS
NEW YORK • TORONTO • LONDON • SYDNEY • AUCKLAND

مقدمـــة

يتضمن هذا الكتاب مجموعة من المواضيع التي كتبتها خلال الفـترة مـن عـام ١٩٧٦ حتى عام ١٩٩٢، وهي تتراوح بين مقتطفـات مـن سيرتي الذاتيـة مـع فلسـفة العلـم ومحاولات لتبيان مدى الانبهار الذي أشعر به حول العلم والكون . أمـا خاتمـة الكتـاب فهي نص المقابلة الإذاعية في برنامج *تسجيلات الجزيرة المهجورة** التي أُجريـت معـي. في هذا البرنامج البريطاني الأصيل ، يُسأل الضيف أن يتخيل نفسه مُبعداً إلى جزيرة نائية ويُطلب منه أن يختار ثماني تسجيلات (من الموسيقى) يعيش معها إلى أن يتـم إنقـاذه. لحسن حظي، لم يكن علي الانتظار طويلا قبل العودة إلى عالم الحضارة.

ولما كانت مواضيع الكتاب قد كتبت على مدى ستة عشر عاما، فإنها تعكس حالتي المعرفية في أوقاتها، والتي آمل أن تكون قد تنامت عبر السنين؛ لذلك أشرت إلى التواريخ والمناسبات التي تم تأليفها لأجلها. وبما أنني قصدت أن يكون كل منهـا مكتمـلا بذاتـه، فإنـه لابد من وجود بعض التكرارات التي حاولت اختصارها، لكن مازال هناك بعض منها.

صُمِّمت بعض فصول الكتاب للإلقاء خطابة. وقد كان صوتي مبحوحا ومختلطا إلى حد فرض عليَّ إلقاء المحاضرات عبر شـخص آخـر، غالبـا مـايكون أحـد طلابـي الذيـن يستطيعون فهمي أو الذين يقرؤون نصا سبق أن كتبته. لكـن في عـام ١٩٨٥، أُجريـت لي عملية ذهبت بقدرتي على الكلام كلية، وبقيت فـترة دون أي وسـيلة للتواصـل، إلى أن زُوِّدتُ بجهاز حاسوبي مع مُركِّب كـلام جيـد. ولدهشـتي، وجـدت أنـه يمكنـني أن أكون خطيبا ناجحا أمام جماهير غفيرة. إنني أسـتمتع الآن بشـرح العلـم والإجابـة عن الأسئلة، ومن المؤكد أن عليَّ أن أتعلم الكثير لأفعل ذلك على نحو أفضل، وأعتقـد أنـني في تحسن، ويمكنك الحكم على ذلك من قراءتك لهذه الصفحات.

أنا لا أوافق على فكرة أن الكون سر غـامض يمكـن للمـرء أن يخمِّـن حولـه دون أن يستطيع تحليله بعمق أوفهمه. وأشعر أن وجهة النظـر هـذه لاتفـي الثـورة العلميـة، الـتي بدأها غاليليو وتابعها نيوتن منذ أربعمائة عام، حقَّها من العدل. لقد بيَّنا أن بعض أجزاء

---

* الاسم الأصلي للبرنامج هـو Desert Island Discs . ننوه إلى أننـا تحاشـينا إيـراد الأسمـاء والمصطلحـات بالإنكليزية في صلب النص . واستعضنا عـن ذلـك بإدراجهـا في الفهـرس في نهايـة الكتـاب .

المترجم

الكون على الأقل لاتتصرف على نحو عشوائي، بل هي محكومة بقوانين رياضية دقيقة. ومنذئذ، قمنا بتوسيع عمل غاليليو ونيوتن إلى كل حيز من الكون تقريبا. فلدينا الآن قوانين رياضية تحكم كل شيء نعيشه وندركه عادة. إن مقياس نجاحنا هو أن علينا اليوم إنفاق مليارات الدولارات لبناء آلات عملاقة لتسريع الجسيمات دون النووية إلى درجة عالية من الطاقة نجهل مايتأتى منها عندما تتصادم. إن هذه الطاقات العالية لاتظهر على الأرض في الحالات العادية، ولذلك يبدو الكلام عنها أكاديميا صرفا، كما يبدو الإنفاق الهائل عليها لدراستها غير ضروري. إلا أن هذه الطاقات قد تكون حصلت في بداية عمر الكون، لذلك علينا أن نستكشف ماذا يحصل عندها إن كنا نرغب بفهم كيف بدأنا وكيف بدأ الكون.

مازال هناك الكثير مما لانعرفه أو لانفهمه عن الكون. إلا أن التقدم المثير الذي أحرزناه، وخاصة في مئة السنة الأخيرة ، يجب أن يشجعنا على الاعتقاد بأن الفهم الكامل للكون قد لايكون في منأى عن مقدرتنا. إنه من غير الممكن أن نبقى إلى الأبد نترنح في الظلام، وقد يمكننا إحداث خرق يوصلنا إلى نظرية كاملة للكون. وفي تلك الحالة، سنكون فعلا سادة الكون.

لقد كتبت المقالات العلمية الواردة في هذا الكتاب على أساس الاعتقاد بأن الكون محكوم بنظام نستطيع إدراكه جزئيا الآن ، ويمكننا فهمه على نحو كامل في المستقبل غير البعيد. لكن قد يكون هذا الأمل سرابا وحسب ، فقد لاتكون هناك نظرية نهائية، وحتى إن كان مثل هذه النظرية موجودا، فقد لانعثر عليها. لكن من المؤكد أنه من الأفضل أن نجاهد من أجل فهم شامل من أن نيأس من العقل الإنساني.

ستيفن هوكينغ

٣١/ آذار/ ١٩٩٣

١- الطفولـة*

وُلدت في الثامن من كانون الثاني من عام ١٩٤٢، وذلك تماما بعد ثلاثمئة سنة من وفاة غاليليو، وأظن أن زهاء مئتي ألف طفل آخرين وُلدوا في ذلك اليوم، لكني لست أدري إن كان أحدهم قد اهتم بعلم الفلك فيما بعد. لقد وُلدت في أوكسفورد، على الرغم من أن والديَّ كانا يعيشان في لندن. كانت أوكسفورد مكانا جيدا لكي يُولد المرء فيه في الحرب العالمية الثانية، فقد كانت ثمة اتفاقية مع الألمان من أجل عدم قصف أوكسفورد وكامبريدج بالقنابل لقاء عدم قصف البريطانيين هايدلبرغ في غوتنغن. إنه لمن المؤسف ألاّ يوسَّع مثل هذا النوع من الاتفاقيات المتمدنة لتشمل عددا أكبر من المدن.

ينحدر أبي من يوركشاير، وكان جده مزارعا ثريا ابتاع مزارع كثيرة وأصيب بالإفلاس في فترة الانهيار الزراعي في بداية هذا القرن. وأدى هذا إلى ترك والدَيْ أبي في حالة بؤس، إلا أنهما نجحا في إرساله إلى أوكسفورد حيث درس الطب. بعدها انغمس في البحث في طب الأمراض الاستوائية، وذهب إلى شرق إفريقية في عام ١٩٣٧. وعندما بدأت الحرب، قام برحلة برية عبر إفريقية ليستقل باخرة عائدا إلى انكلترة حيث تطوع في الخدمة العسكرية. لقد أخبروه هناك أنه ذو قيمة أكبر في البحث الطبي.

أما أمي فوُلدت في غلاسكو في سكوتلاندة، وهي الطفل الثاني من سبعة أولاد لطبيب. وانتقلت عائلتها جنوبا إلى ديفون عندما كانت في الثانية من عمرها. وكأبي، لم يكن والداها أفضل حالا، ومع ذلك، استطاعا إرسالها إلى أوكسفورد. بعدئذ، مارست عدة وظائف، منها مفتشة ضرائب، وهي وظيفة لم ترُق لها، فتركتها لتعمل سكرتيرة، حيث التقت بأبي في السنوات الأولى للحرب.

عشنا في هايغيت شمالي لندن، وولدت شقيقتي ماري بعدي بثمانية عشر شهرا؛ وقد أعلموني أني لم أكن سعيدا بقدومها. وعبر طفولتنا بكاملها، كان هناك شيء من التوتر

---

* هذا الموضوع والذي يليه مبنيان على كلمة ألقيتها في الجمعية الدولية لمرض العصب الحركي (Motor Neuron Disease)، وذلك في أيلول من عام ١٩٨٧ في زيوريخ، أُضيفت إليها مادة كتبت في عام ١٩٩١.

بيننا غذاه الفارق الضئيل بين عمرينا . لكن هذا التوتر زال فيما بعد عندما ذهبنا في طريقين مختلفين. فقد أصبحت هي طبيبة، وهذا ماسرَّ أبي. أما شقيقتي الأصغر فيليبا، فقد وُلدت وأنا في الخامسة، حيث كنت قادرا على فهم مايجري. أذكر أنني كنت أترقب قدومها لكي نكون ثلاثة نلعب معا. لقد كانت عاطفية جدا وذات بصيرة نافذة، وكنت أحترم حكمها وآراءها دائما. وأما أخي إدوارد، فقد أتى بعد فترة أطول، عندما كنت في الرابعة عشر، وهذا ما أبعده تماما عن دخول طفولتي. كان إدوارد مختلفا عن الأولاد الثلاثة الآخرين بكونه بعيدا كليا عن الحياة الأكاديمية والفكرية، وربما كان هذا لصالحنا؛ لقد كان ولدا صعبا، إلا أنك لاتملك إلا أن تحبه.

أولى ذكرياتي هي وقوفي باكيا بكل طاقتي في دار حضانة بايرون هاوس في هايغيت. ففي جميع الجهات من حولي، كان هناك أطفال يلعبون بما بدا دُمى رائعة. كنت أرغب بالمشاركة، لكن عمري كان سنتين ونصف، وكانت تلك المرة الأولى التي أُترك فيها بين أناس لا أعرفهم. وأظن أن والديَّ كانا مندهشين لردة فعلي، لأنني كنت طفلهم الأول وكانا يتابعان كتب تطور الأطفال التي تقول إن على الأطفال البدء بإقامة العلاقات الاجتماعية في الثانية من العمر. وأرجعاني إلى البيت، ولم يرسلاني ثانية إلى دار الحضانة إلا بعد سنة ونصف.

في ذلك الوقت، وفي أثناء الحرب وفيما بعدها مباشرة، كانت هايغيت مكانا يعيش فيه عدد من الأشخاص العلميين والأكاديميين (في دولة أخرى، يوصف أمثالهم بالمفكرين، إلا أن الإنكليز لم يعترفوا البتة بأن لديهم مفكرين). كل أولئك الآباء أرسلوا أطفالهم إلى مدرسة بايرون هاوس التي كانت مدرسة تقدمية جدا في تلك الأيام. وأذكر أنني احتججت إلى والديَّ قائلا إن تلك المدرسة لاتعلمني شيئا. فقد كان القائمون عليها لايؤمنون بالطريقة السائدة حينئذ لحقن التلميذ بالمعلومات. عوضا عن ذلك، كان يفترض أن يتعلم القراءة دون أن يدرك أن هناك من يعلمه. في نهاية المطاف، تعلمت القراءة ، لكن ليس قبل بلوغي سن الثامنة المتأخر نسبيا. أما أختي فيليبا، فقد تعلمت القراءة بالطرق التقليدية وتمكنت من القراءة وهي في الرابعة، وكانت فيما بعد ألمع مني.

عشنا في بيت طويل ضيق من العهد الفيكتوري كان والدايَ قد ابتاعاه بثمن زهيد في أثناء الحرب، عندما ظن الجميع أن لندن سوف تقصف بالقنابل إلى أن تستوي مع

الأرض. وفي الواقع، سقط صاروخ V-2 على بعد منزلين من بيتنا. لم نكن أنا وأمي وأختي هناك في ذلك الحين، إلا أن أبي كان في البيت. ولحسن الحظ، لم يُصب بأذى، كما أن البيت لم يتضرر كثيرا. ولسنوات عدة، كانت هناك قنبلة كبيرة في أسفل الشارع، حيث اعتدت اللعب عليها مع صديقي هيوارد الذي كان يعيش في البيت الثالث من الجهة الأخرى . كان هيوارد مثار إعجاب بالنسبة لي، لأن والديه لم يكونا مفكرين كآباء الأولاد الآخرين الذين أعرفهم . ذهب إلى المدرسة الحكومية، لا إلى مدرسة بايرون هاوس، وتعلم كرة القدم والملاكمة، وهما رياضتان لم يفكر بهما والديَ حتى بالأحلام.

من ذاكرتي المبكرة أيضا حصولي على أول دمية قطار. لم تكن الدمى والألعاب تصنع في أثناء الحرب، وكان لدي شغف فائق بالقطارات الدُمى. حاول والدي أن يصنع لي قطارا خشبيا، لكن ذلك لم يُشبع رغبتي لأنني كنت أريد شيئا يعمل. فاشترى لي قطارا مستعملا ذا محرك نابضي وأصلحه وأعطانيه في عيد الميلاد عندما كنت في حوالي الثالثة من عمري. و لم يعمل ذلك القطار جيدا. وذهب والدي إلى أمريكة مباشرة بعد الحرب، وعندما عاد جلب معه لوالدتي بعض النايلون الذي لم يكن متوفرا في بريطانية في تلك الأيام، كما جلب لشقيقتي ماري دمية تغمض عينيها عندما تميل نحو الأسفل. وأتى لي بقطار أمريكي كامل مع سكته. إنني مازلت أتذكر انبهاري عندما فتحت العلبة.

كانت قطارات المحرك النابضي جيدة عموما، لكن ماكنت أريده فعلا هو قطار كهربائي. فقد اعتدت على قضاء ساعات أراقب نموذج سكة الحديد بالقرب من هايغيت. وفي النهاية، انتهزت فرصة غياب والديَّ وسحبت من صندوق توفير البريد كامل رصيدي المتواضع من النقود التي كنت حصلت عليها في مناسبات مختلفة كمناسبة يوم تعميدي، واستخدمتها لأشتري مجموعة قطار كهربائي؛ وخاب أملي، إذ لم يعمل القطار جيدا. في هذه الأيام، نحن نعلم أن هناك حقوقا للمستهلك، إذ يمكنه في مثل هذه الحالة إعادة القطار إلى البائع واستبداله؛ أما في تلك الأيام، فقد كان شراء شيء ما امتيازا لاتتمتع به إلا القلة، وإن كان ماشتريته ليس جيدا، فمرده إلى حظك السيء. وهكذا، أنفقت ثانية على صيانة المحرك الكهربائي، لكنه لم يعمل جيدا أيضا.

فيما بعد، وفي العقد الثاني من عمري، قمت ببناء نماذج للطائرات والقوارب. لم أكن ماهرا البتة باستخدام يديَّ، لذلك كنت أستعين برفيق الدراسة جون مالكناهان الذي كان أفضل مني كثيرا، والذي كانت لدى والده ورشة في بيته. لقد كان هدفي هو بناء نماذج عاملة أستطيع التحكم بها، ولم أكن أهتم بمظهرها. وأعتقد أن الدافع نفسه هو الذي قادني إلى اختراع سلسلة من الألعاب المعقدة جدا بالتعاون مع رفيق دراستي الآخر، روجر فرنيهاو. كانت إحدى هذه الألعاب مجموعة تصنيع كاملة مكونة من معامل ووحدات مختلفة الألوان، وشوارع وسكك حديدية وعربات تسير عليها، إضافة إلى سوق تجاري. وكانت هناك أيضا لعبة حرب تلعب على رقعة ذات أربعة آلاف مربع. كما كانت لدينا لعبة إقطاع كل لاعب فيها أمير حاكم ذو شجرة نسب. وأعتقد أن هذه الألعاب والقطارات والقوارب والطائرات أتت من الرغبة الجامحة في معرفة كيفية عمل الأشياء وطرائق التحكم بها. ومنذ بدأتُ دراستي للدكتوراه، أشبعت رغبتي هذه بالبحث في مجال العلم الكوني. فإذا كنت تعرف كيفية عمل الكون فإنك تتحكم به بمعنى ما.

في عام ١٩٥٠، انتقل مكان عمل والدي من هامبستيد بالقرب من هايغيت إلى المعهد الوطني للبحوث الطبية الذي شيد مؤخرا في ميللهيل في الطرف الشمالي من لندن. لذلك، وعوضا عن الذهاب يوميا من هايغيت إلى المعهد، كان من الأنسب الانتقال من لندن كلية. وهكذا اشترى والدايَ بيتا في مدينة سانت ألبانس التي تبعد عشرة أميال إلى الشمال من ميللهيل وعشرين ميلا شمالي لندن. لقد كان بيتا من الطراز الفيكتوري ذا أناقة ومظهر مميزين. لم تكن الحالة المادية لوالديَّ جيدة عندما ابتاعاه، وكان عليهما القيام بأعمال عديدة للإصلاح والترميم قبل انتقالنا إليه. لكن والدي رفض فيما بعد، ولأنه رجل من يوركشاير، أن ينفق على المزيد من الإصلاح، بل بذل جهده للحفاظ عليه وطلائه؛ إلا أن البيت كان كبيرا، ولم يكن والدي حاذقا في مثل تلك الأمور. على أيِّ حال، كان البيت مبنيا بمتانة، مما جعله يتحمل الإهمال. باع والدايَ البيت في عام ١٩٨٥ عندما كان أبي مريضا جدا (توفي عام ١٩٨٦). وقد رأيته مؤخرا، ولم يبدُ أن أي إصلاحات قد أُجريت عليه؛ ومع ذلك بدا كما كان.

صُمم البيت لأسرة مع خدم، وكان في حجرة حفظ المؤن وأدوات المائدة لوح مؤشرات تدل على الغرفة التي يقرع منها الجرس. طبعا، لم يكن لدينا خدم، أما حجرة

نومي الأولى فكانت غرفة صغيرة على شكل حرف L، ولابد أنها كانت غرفة خادمة. لقد طلبت تلك الغرفة بناء على اقتراح ابنة خالتي سارة، التي تكبرني قليلا والتي أحببتها جدا. قالت إنه يمكننا أن نجد متعة كبيرة هناك؛ فمن مغريات تلك الغرفة أنه يمكننا التسلق عبر النافذة إلى سطح كوخ ومنه إلى الأرض.

كانت سارة ابنة أخت أمي الكبرى، جانيت، التي تأهلت كطبيبة وتزوجت من محلل نفسي. كانوا يعيشون في منزل مشابه لمنزلنا في هاربندن، وهي قرية تقع إلى الشمال منا بخمسة أميال ، وهذا هو أحد الأسباب التي دفعت بنا إلى الانتقال إلى سانت ألبانس. لقد كان امتيازا كبيرا لي أن أكون بالقرب من سارة، ولطالما ذهبت بالحافلة إليها . تقع سانت ألبانس إلى جانب أطلال المدينة الرومانية القديمة فيرولاميوم التي كانت أهم مستوطنة رومانية في بريطانية بعد لندن. ففي العصور الوسطى، كان فيها أغنى دير في بريطانية ، وقد تم بناؤها حول ضريح القديس سانت ألبانس، القائد الروماني الذي قيل إنه الشخص الأول في بريطانية الذي يُعدم بسبب إيمانه بالمسيحية. كل ماتبقى من ذلك الدير الآن هو كنيسة كبيرة مهملة وبناء البوابة القديم التي تمثل اليوم جزءا من مدرسة سانت ألبانس التي ذهبت إليها فيما بعد.

كانت سانت ألبانس مكانا رجعيا ومحافظا بالمقارنة مع هايغيت وهاربندن، و لم يتعرَّف والداي فيها إلى أي أصدقاء ؛ لقد كان هذا خطأهما ذاتهما، فهما انعزاليان بطبعهما، وخاصة أبي. إلا أن ذلك دلَّ أيضا على نوع مختلف من السكان، إذ لايمكن بالتأكيد وصف أي من آباء رفاقي في المدرسة في سانت ألبانس بأنه مفكر.

بدت أسرتنا في هايغيت عادية تماما، أما في سانت ألبانس فأظن أنه كان يُنظر إلينا على أننا غريبو الأطوار. وقد تزايد هذا الإحساس من خلال تصرفات والدي الذي لم يكن يهتم بالمظاهر إذا كان ذلك يسمح له بادخار المال. كانت أسرته فقيرة جدا عندما كان صغيرا، وترك ذلك عليه أثرا مستديما. لم يكن يستطيع تحمل الإنفاق على راحته الذاتية، حتى في السنوات الأخيرة، عندما أصبح قادرا على ذلك. فقد رفض تزويد البيت بالتدفئة المركزية، على الرغم من تأثير البرد السيء عليه. كان، بدلا من ذلك، يرتدي عدة كنزات وعباءة فوق لباسه العادي. إلا أنه كان كريما جدا مع الآخرين.

في الخمسينيات، شعر أبي بأنه غير قادر على شراء سيارة جديدة، فاشترى سيارة (تكسي) لندنية من فترة ما قبل الحرب؛ وقمنا معا بإشادة كوخ من الصفائح المعدنية

كمكان وقوف لها. وأغضب هذا الجوار، إلا أنهم لم يستطيعوا إيقافنا. وشعرت بالحاجة إلى الوفاق، وكسائر معظم الأولاد، كنت مُحرجا من تصرفات والديَّ، إلا أن ذلك لم يقلقهما البتة.

عندما أتينا إلى سانت ألبانس، أُرسلت إلى المدرسة العليا للبنات، التي كانت تقبل الصبيان أيضا حتى العاشرة من العمر ؛ وبعد انقضاء فصل واحد على وجودي هناك، ذهب أبي في واحدة من رحلاته السنوية المعتادة إلى إفريقية، لكن هذه المرة لفترة أطول تبلغ أربعة أشهر. ولم يرُق لأمي أن نُترك طيلة تلك الفترة وحيدين، فأخذتني مع شقيقتي لنزور رفيقتها في أيام المدرسة بريل التي كانت متزوجة من الشاعر روبرت غرايفس، وتعيش معه في قرية تدعى دِيا على جزيرة ماجوركا الإسبانية. كان ذلك بعد خمس سنوات فقط من انتهاء الحرب، عندما كان المستبد الإسباني فرانشيسكو فرانكو، الحليف السابق لهتلر وموسوليني، مايزال في سدة الحكم (وفي الواقع، بقي في الحكم لعقدين آخرين). ومع ذلك ذهبت أمي، التي كانت عضوة في رابطة الشيوعيين الشباب قبل الحرب، مع ثلاثة أطفال صغار، مستقلة القارب والقطار إلى ماجوركا. واستأجرنا بيتا في دِيا وأمضينا أوقاتا سعيدة، وكان لي مع ابن روبرت معلم خاص، هو ربيب روبرت. لكن هذا المعلم كان منشغلا بكتابة مسرحية لمهرجان أدينبره بدلا من أن يعلمنا. لذلك وجَّهنا إلى قراءة فصل من الإنجيل كل يوم وكتابة موضوع عنه، لكي نتعلم جمال اللغة الإنكليزية. وقرأنا كامل سفر التكوين وجزءا من سفر الخروج قبل مغادرتنا، وكان أحد الأشياء الرئيسية التي تعلمتها من ذلك هو ألاَّ أبدأ جملة بحرف العطف. لقد اعترضت حينئذ مشيرا إلى أن معظم الجمل في الكتاب المقدس تبدأ بحرف العطف، فقيل لي إن الإنكليزية تغيرت منذ عهد الملك جيمس؛ فجادلتهم عندئذ قائلا : لماذا تدفعوننا إلى قراءة الكتاب المقدس إذن ؟ لكن جدلي كان عقيما. فروبرت غرايفس كان مولعا بالرمزية والأسطورية في الكتاب المقدس في تلك الأيام.

عندما عدنا من ماجوركا ، أُرسلت إلى مدرسة أخرى لعام كامل، بعدها خضعت للامتحان المعروف (+١١). كان هذا اختبار ذكاء يطبق حينئذ على جميع الأطفال الذين يرغبون الدخول إلى المدارس الحكومية. لقد تم إلغاء هذا الاختبار حاليا، والسبب الرئيسي في ذلك هو أن عددا من أطفال الطبقة المتوسطة أخفقوا فيه وأُرسلوا إلى مدارس ليست أكاديمية. كنت أكثر مهارة في أداء الامتحانات والاختبارات من الأداء

في أثناء الدرس، لذلك نجحت في الاختبار وحصلت على مكان مجاني في المدرسة الحالية في سانت ألبانس.

وعندما بلغت الثالثة عشرة، أراد أبي أن أبذل جهدي لدخول مدرسة وستمينستر، وهي واحدة من أشهر المدارس الخاصة. في تلك الأيام، كان هناك تفريق حاد في التعليم بين الطبقات، وكان أبي يشعر أن قلة شجاعته واتصالاته جعلته يُتجاوز لصالح من هم أقل مقدرة وأكثر نفوذا اجتماعيا. ولأن حالته المادية لم تكن جيدة، كان عليَّ أن أحصل على منحة دراسية. لكني كنت مريضا في موعد امتحان المنحة، فلم أذهب إليه. لذلك، بقيت في مدرسة سانت ألبانس، حيث تلقيت فيها تعليما يكافىء، بل يفوق، ذلك الذي كنت سأتلقاه في مدرسة وستمينستر. لقد وجدت أن التدني في المكانة الاجتماعية لم يكن عائقا لي البتة.

كان نظام التعليم الإنكليزي في تلك الأيام هرميا جدا. فلم تكن المدارس مقسمة إلى أكاديمية ولا أكاديمية فحسب، بل إن المدارس الأكاديمية كانت مقسمة إلى ثلاث فئات: أ ، ب ، ج. وكان الأمر جيدا لأولئك الذين في الفئة أ، لكنه لم يكن كذلك للذين في الفئة ب، وكان سيئا لمن هم في الفئة ج الذين لايلقون إلا الإحباط. ووُضعت في الفئة أ على أساس نتيجتي في امتحان (+١١). في هذا النظام، وبعد السنة الأولى، يُنقل كل من يحصل على نتائج دون عتبة معينة إلى الفئة ب، وهذا يمثل ضربة قاصمة للثقة بالنفس لايتعافى المرء منها أبدا. في الفصلين الأول والثاني، كانت نتائجي أعلى من العتبة بقليل، أما في الفصل الثالث فكانت أدنى منها. وهكذا نجوت.

لم أكن أبدا أفضل من المتوسط في الصف (كان صفا متميزا جدا)، ولم يكن عملي مرتبا، وكان خط يدي مثار يأس لأساتذتي. لكن رفاقي في الصف أطلقوا عليَّ اسم آينشتاين، ولعلهم فعلوا ذلك لأنهم رأوا فيَّ شيئا أفضل. عندما كنت في الثانية عشرة، راهن أحد رفاقي رفيقا آخر لقاء بعض الحلوى على أنني لن أصل إلى شيء. ولست أدري الآن ما إذا كان الرهان قد تمت تسويته، ومن كان الرابح إن كان ذلك قد تم.

كان لي ستة أو سبعة أصدقاء مقربين مازلت على اتصال مع معظمهم. وكنا نخوض في مناقشات ومجادلات مطولة حول كل شيء، من النماذج المتحكم بها بالراديو إلى الدين، ومن علم النفس إلى الفيزياء. وأحد الأشياء التي تكلمنا عنها هو أصل الكون، وما إذا كان يحتاج إلى الله لخلقه وإطلاقه. لقد سمعت أن الضوء الوارد من المجرات

البعيدة قد انزاح نحو الطرف الأحمر من الطيف، ويُفترض أن هذا يشير إلى أن الكون في حالة توسع (الانزياح نحو الأزرق يشير إلى الانقباض). لكنني كنت متيقنا من أن ثمة سببا آخر للانزياح نحو الأحمر، فلعل الضوء يصبح متعبا ويميل نحو الاحمرار وهو في طريقه إلينا. لقد بدا لي أن الكون الخالد غير المتبدل أكثر طبيعية. ولم أدرك أنني كنت على خطأ في ذلك إلا بعد السنة الثانية لمباشرتي بحث الدكتوراه .

في السنتين الأخيرتين في المدرسة، أردت أن أتخصص في الرياضيات والفيزياء. فقد كان في المدرسة أستاذ رياضيات مُلهِم، هو السيد تهتا، كما أن المدرسة بنت مؤخرا غرفة اتخذَتْها مجموعة الرياضيات صفا لها. لكن أبي كان معارضا جدا، إذ كان يعتقد بأنه ما من عمل للرياضيين سوى التعليم. لقد كان يرغب مني أن أدرس الطب، لكني لم أُبدِ أي اهتمام بالبيولوجيا التي بدت لي وصفية جدا وليست جوهرية على نحو مُرضٍ. كما أنها كانت ذات مكانة متدنية في المدرسة، فالطلاب الألمع كانوا يذهبون إلى الرياضيات والفيزياء، ويذهب الآخرون إلى البيولوجيا. عرف أبي أنني لن أدرس البيولوجيا، لكنه أرغمني على دراسة الكيمياء وجزء صغير من الرياضيات، لأنه شعر بأن ذلك يُبقي الخيارات العلمية مفتوحة أمامي. أنا الآن أستاذ للرياضيات، على الرغم من أنني لم أتلقَّ أي تعليم رسمي للرياضيات منذ تركت مدرسة سانت ألبانس عندما كنت في السابعة عشرة. لقد تلقَطتُ ما أعرفه من الرياضيات من هنا وهناك، كما كنت مشرفا على الطلاب في جامعة كامبريدج، الأمر الذي تطلب مني تحضير دروسهم قبل موعد الدرس بأسبوع.

كان أبي منغمسا في بحث عن الأمراض الاستوائية، وكان يصطحبني معه إلى مخبره في ميللهيل. لقد استمتعت بذلك، وخاصة بالنظر من خلال الميكروسكوب. كما أنه كان يصطحبني إلى بيت الحشرات، حيث يضع بعوضا حاملا للأمراض الاستوائية. وقد أخافني وجود بعض البعوضات التي تطير حرة هنا وهناك. كان أبي جَلدا على العمل ومتفرغا لبحثه، وكان مهموما بعض الشيء لشعوره بأن الآخرين الذين لاترتقي مقدرتهم إلى سوية مقدرته قد تقدموا عليه، بسبب انتماءاتهم واتصالاتهم المناسبة. لقد اعتاد على تحذيري من أمثال هؤلاء الناس. على أي حال، أظن أن الفيزياء مختلفة عن الطب؛ فليس مهما إلى أي مدرسة تذهب أو مع من ترتبط، إنما المهم هو ما تفعل.

كنت دائما شغوفا بمعرفة كيفية عمل الأشياء، وكنت أفككها لأستكشف ذلك؛ لكنني لم أكن ماهرا بما يكفي لإعادة تركيبها ثانية. فمقدرتي العملية لم ترقَ أبدا إلى سوية تساؤلاتي النظرية. وقد شجع أبي اهتمامي بالعلم، كما أنه ساعدني في الرياضيات إلى أن بلغت مرحلة تجاوزت حدود معرفته. بسبب هذه الخلفية، وبسبب طبيعة عمل أبي، كان من الطبيعي أن أدخل بمجال البحث العلمي. في سنواتي الأولى، لم أكن أميز بين نوع من العلم وآخر، لكني اكتشفت، منذ سن الثالثة عشرة أو الرابعة عشرة، أنني أريد العمل في بحوث الفيزياء لأنها كانت العلم الأكثر جوهرية. هذا على الرغم من حقيقة أن الفيزياء هي الموضوع الأكثر إملالا في المدرسة، لأنها كانت سهلة وبالغة الوضوح، بينما كانت الكيمياء أكثر إمتاعا بسبب حدوث الأشياء غير المتوقعة، كالانفجارات وسواها. لكن الفيزياء وعلم الفلك وفرا الأمل بمعرفة من أين أتينا ولماذا نحن هنا. لقد أردت أن أسبر أغوار الكون العميقة. ربما أكون قد نجحت إلى درجة ضئيلة، لكن مازال هناك الكثير مما أريد أن أعرف.

٢ - أوكسفورد وكامبريدج

كان أبي شديد الرغبة في أن أذهب للدراسة في أوكسفورد أو كامبريدج. فهو نفسه كان قد ذهب إلى الجامعة في أوكسفورد، واعتقد أنه يتعين عليَّ أن أتقدم إليها، لأن حظي سيكون أوفر للقبول فيها. في ذلك الوقت، لم يكن هناك أستاذ زميل للرياضيات في الجامعة، وكان هذا سببا آخر لرغبته في أن أدرس الكيمياء، حيث يمكنني التقدم بطلب لمنحة دراسية في العلوم الطبيعية بدلا من الرياضيات.

ذهبت بقية العائلة إلى الهند لفترة سنة، أما أنا ، فقد كان عليَّ البقاء من أجل إنهاء المستوى أ (A Level وهو يقابل الثانوية العامة) واستكمال إجراءات الدخول إلى الجامعة. لقد اعتقد مدير المدرسة أنني مازلت صغيراً على الذهاب إلى أوكسفورد، لكنني ذهبت في شهر آذار من عام ١٩٥٩ لحضور اختبار المنحة الدراسية مع طالبين من الصف الأعلى في المدرسة. كنت مقتنعا بأن أدائي في الامتحان كان سيئا، وازداد اكتئابي في أثناء الاختبار العملي عندما شاهدت أساتذة الجامعة يتوجهون للتحدث إلى أناس آخرين، لا إليَّ. وبعد عدة أيام من رجوعي من أوكسفورد، تلقيت برقية تقول إنني حصلت على المنحة.

كنت في السابعة عشرة، بينما كان معظم الطلاب في صفي قد أدوا الخدمة العسكرية، أي أنهم كانوا أكبر مني كثيرا. وشعرت بالوحدة في سنتي الأولى، وفي جزء من الثانية، و لم أشعر بالارتياح حتى السنة الثالثة. أما الموقف العام السائد في أوكسفورد في تلك الأيام فقد كان ضد العمل؛ فالمتوقع منك أن تكون ذكيا لامعا دون بذل أي جهد، أو تقبل بمحدوديتك وتحصل على شهادة من الدرجة الرابعة. أما أن تعمل بجد وكد للحصول على شهادة بدرجة أفضل، فذاك من سمات الرجل الشائب، وهو أسوأ نعت تجده في مفردات أوكسفورد.

في تلك الأيام، كانت دورة الفيزياء في أوكسفورد مرتبة على نحو يجعل تجنب العمل يسيرا للغاية. تقدمت إلى امتحان واحد لدى دخولي الجامعة، ثم أمضيت ثلاث سنوات لم أتقدم خلالها إلا إلى الامتحان النهائي في آخرها. ولقد حسَبت مرة عدد الساعات التي عملت فيها خلال السنوات الثلاثة فوجدت أنها ألف ساعة، أي بمعدل ساعة

واحدة في اليوم. لست فخورا بهذا، لكنني أصف موقفي آنذاك الذي كان سائدا أيضا بين معظم رفاقي الطلبة: شعور بالملل المطلق وإحساس بأن ليس هناك ما يستحق بذل الجهد من أجله. إلا أن إحدى نتائج مرضي كانت أن غيرتُ ذلك كله: عندما تُواجَه بإمكانية الموت المبكر، تدرك أن الحياة تستحق أن تُعاش، وأن هناك الكثير من الأشياء التي تريد القيام بها.

بسبب ضآلة العمل الذي قمت به، خططت لدخول الامتحان الأخير من خلال حل مسائل في الفيزياء النظرية فقط، مع تجنب كل الأسئلة التي تتطلب معرفة عملية. لم يغمض لي جفن في الليلة التي سبقت الامتحان بسبب التوتر العصبي، لذلك لم يكن أدائي فيه جيدا. لقد كنت على الحدود الفاصلة بين شهادة من الدرجة الأولى أو شهادة من الدرجة الثانية، وكان عليَّ أن أخضع لمقابلة مع الفاحصين لتحديد الشهادة التي أستحقها. وفي المقابلة، سألوني عن خططي المستقبلية، فأجبت بأنني أريد أن أتابع البحث العلمي. إن حصلت على شهادة الدرجة الأولى، يمكنني الذهاب إلى كامبريدج، وإن حصلت على الثانية، بقيت في أوكسفورد. ومنحوني شهادة الدرجة الأولى .

شعرت بأن هناك مجالين في الفيزياء النظرية لهما طبيعة جوهرية ويمكنني القيام بالبحث فيهما. أحدهما هو علم الكون، أي دراسة الأشياء الكبيرة جدا، والآخر هو علم الجسيمات الأساسية، أي دراسة الأشياء الصغيرة جدا. ووجدت أن علم الجسيمات الأساسية لم يكن جذابا بالنسبة لي لعدم وجود النظرية المناسبة في ذلك الوقت، على الرغم من اكتشاف العلماء لعدد كبير من الجسيمات. فكل ما كانوا يفعلونه هو تصنيفها في أُسر، كما في علم النبات. أما في علم الكون، فقد كانت هناك نظرية معرَّفة تماماً وهي نظرية النسبية العامة لآينشتاين.

لم يكن آنذاك في أوكسفورد من يعمل في علم الكون، أما في كامبريدج فقد كان فْرِدْ هويل، الفلكي البريطاني الأكثر تميزا في عصره . لذلك تقدمت بطلب لإجراء بحث الدكتوراه معه. وقُبل طلبي للدكتوراه في كامبريدج، باعتبار أنني حصلت على شهادة من الدرجة الأولى. إلا أن ما أزعجني هو أن المشرف عليَّ لن يكون هويل، بل شخص آخر يدعى دينس سكياما لم أسمع به من قبل. على أي حال، تبين لي في النهاية أن هذا هو الأفضل، لأن هويل كان دائم السفر إلى الخارج، ولم تكن رؤيته لتتاح لي

كثيرا. من ناحية أخرى كان سكياما متواجدا هناك دائما، كما كـان محرضـا للأفكـار، مع أني لم أوافق على آرائه في معظم الأحيان.

بما أنني لم أتعلم الكثـير مـن الرياضيـات في المدرسـة وفي أوكسـفورد، فقـد وجـدت النسبية العامة في البداية صعبة جـدا، ولهـذا لم أحقـق تقدمـا جيـدا. مـن ناحيـة أخـرى، كانت مؤشرات المرض قد بدأت بالظهور عليَّ في سنتي الثالثـة في أوكسـفورد، حيـث لاحظت أن حركاتي أصبحت متعـثرة شيئا مـا . وبعـد انتقـالي إلى كامـبريدج بقليـل، شُخِّصتْ إصابتي بمرض العصب الحركي. ولم يقدم الأطباء أي علاج، كمـا لم يؤكـدوا أنه لن يتفاقم نحو الأسوأ.

بدا المرض في البداية متسارعا في تطوره، لذا شعرت بعدم جدوى العمل في البحث، لأنني لم أتوقع أن أعيش حتى أُنهي الدكتوراه . لكن مع مرور الوقت، أخذ تطور المرض يتباطأ، كما أنني بدأت بفهم النسبية العامة وبتحقيق تقدم في عملي. إلا أن الأمر الـذي كان له الأثر الحاسم في هذا التقدم في الواقع هو أنني خطبت فتـاة تدعـى جـين وايلـد، كنت قد التقيت بها في الوقت الذي جرى فيه تشخيص مرضي. لقد أعطاني هذا شـيئا أعيش من أجله.

كان عليَّ، إن كنـا نريـد الـزواج، أن أحصـل علـى وظيفـة، وكـان الحصـول علـى الوظيفة يتطلب إنهاء الدكتوراه. لذلـك بـدأت بـالعمل الجـاد للمـرة الأولى في حيـاتي. ولدهشتي، وجدت أنـني أحبـه. قـد لايكـون عـدلا أن نسـميه عمـلا، فعلـى حـد قـول أحدهم، العلماء والمومسات يحصلون على المال لقاء مايستمتعون به.

تقدمت بطلب لوظيفة زميل بحث في غونفيل وكلية كيز . وكنت آمل أن تقوم جين بطباعة استمارة الوظيفة، لكن عندما أتت لتزورني في كامبريدج كـانت يدهـا مضمـدة بسبب كسر فيها. عليَّ أن أعترف أنني لم أكن متعاطفا معها كمـا يجـب؛ كـانت يدهـا اليسرى هي المكسورة، لذلـك تمكَّنـتْ مـن كتابـة الاسـتمارة بنـاء علـى إملائـي، وقـام بطباعتها شخص آخر .

تتضمن الاسـتمارة تسـمية شـخصين يمكـن الرجـوع إليهمـا للتعريـف بـي وبعملـي العلمي. واقترح المشرف عليَّ أن أسأل هرمان بوندي ليكون واحدا منهما. كان بوندي حينئذ أستاذا للرياضيات في جامعة لندن، وهو خبير بنظرية النسبية العامـة. وكنـت قـد

التقيت به مرتين، كما أنه رشَّح مقالة كتبتها للنشر في مجلة محاضر الجمعية الملكية. سألته بعد محاضرة ألقاها في كامبريدج أن يكون أحد المرجعَيْن، فنظر إليَّ نظرة تدل على أنه يجهلني، وقال إنه سيلبي طلبي . واضح أنه لم يتذكرني، إذ عندما كتبت الكلية إليه تسأله عني وعن أعمالي أجاب بأنه لم يسمع باسمي مسبقا. في أيامنا هذه، عدد المتقدمين للاكتتاب على زمالة البحث لدى الكلية كبير، ولذلك فإن رد الشخص المرجع بأنه لايعرف المكتتب سيشكل نهاية فُرصِهِ . أما في تلك الأيام، فقد كانت الأمور أهدأ، حيث كتبت الكلية إليَّ عن جواب بوندي المحرج؛ عندئذ قام المشرف عليَّ بالاتصال مع بوندي وتذكيره بي، فقام بتزكيتي إلى حد تجاوز ماأستحق. وحصلت على الوظيفة، وأصبحت زميلا في كلية كيز منذ ذلك الحين.

سهَّل حصولي على الوظيفة زواجي من جين الذي جرى في شهر تموز من عام ١٩٦٥؛ وقضينا أسبوعا كشهر عسل في سافولك، وكان ذاك كل ما بوسعي فعله. بعدئذ ذهبنا إلى مدرسة صيفية حول النسبية العامة في جامعة كورنل في ولاية نيويورك. وارتكبنا هناك خطأ نغَّص علينا أوقاتنا، إذ أقمنا في نُزل مزدحم بأزواج مع أطفال صغار مزعجين، الأمر الذي عكر صفونا. باستثناء ذلك، كانت المدرسة الصيفية ناجحة جدا، خاصة من حيث أنني التقيت بالعديد من الشخصيات البارزة في مجال النسبية العامة.

كان بحثي حتى عام ١٩٧٠ في ***علم الكون***، وهو علم دراسة الكون على المدى الواسع. وكان أهم عمل لي في هذه الفترة حول ***المتفرِّدات***. فالأرصاد الجارية على المجرات البعيدة تشير إلى أنها تتحرك مبتعدة عنا، أي أن الكون في حالة توسع . هذا ينطوي على أن الكون كان أكثر تجمعا فيما مضى، وهنا يبرز السؤال التالي : هل كان هناك عصر في الماضي كانت فيه المجرات بعضها فوق بعض وكانت كثافة الكون لانهائية ؟ أم هل كان هناك طور انقباض سابق للكون نجحت فيه المجرات في تجنب تراطمها معا ؟ قد تكون عبرت جنبا إلى جنب ثم بدأت بالتباعد بعضها عن بعض. وتطلبت الإجابة عن هذا السؤال نوعا جديدا من التقانات الرياضية التي قمت مع روجر بنروز بتطويرها خلال الفترة مابين عام ١٩٦٥ وعام ١٩٧٠. واستخدمنا تلك التقانات لنبين أنه يجب أن تكون هناك حالة في الماضي من الكثافة اللامتناهية إذا كانت نظرية النسبية العامة صحيحة.

تدعى حالة الكثافة اللامتناهية هـذه ***متفرِّد الانفجار الأعظم***، ووجودها يعني أن العلم لن يستطيع التنبؤ بطريقة بدء الكون إذا كانت النسبية العامة صحيحة. على أي حال، فإن أعمالي المتأخرة تشير إلى إمكانية التنبؤ بكيفية بدء الكون إذا أخذنا بالحسبان نظرية الفيزياء الكمومية، وهي نظرية الأشياء الصغيرة جدا.

تتنبأ النسبية العامة أيضا بأن النجوم الكبيرة الكتلة سوف تنهار على نفسها عندما تستنفد وقودها النووي. والعمل الذي قمت به مع بنروز يُشير إلى أن تلك النجوم تستمر بالانهيار منقبضة على نفسها إلى أن تصبح متفردا ذا كثافة لانهائية، وهذا المتفرد يمثل نهاية الزمن، بالنسبة للنجم على الأقل ولما هو عليه. إن حقل الثقالة في المتفرد شديد إلى حد لايستطيع الضوء معه الخروج من المنطقة المحيطة به، بل يُشد إلى الخلف بفعل حقل الثقالة هذا. تدعى المنطقة التي لايستطيع الضوء الخروج منها ***الثقب الأسود***، وتدعى حدودها ***أفق الأحداث***، وكل شيءأو كل امرئ يسقط في الثقب الأسود عبر أفق الأحداث سوف يذهب إلى نهاية الزمن في المتفرد.

كنت أفكر بالثقوب السوداء عندما أويت إلى الفراش في إحدى الليالي من عام ١٩٧٠، وذلك بعد ولادة ابنتي لوسي بفترة وجيزة. وأدركت فجأة أن كثيرا من التقانات التي طورتها مع بنروز للبرهان على المتفردات يمكن أن تستخدم للثقوب السوداء. وقد لاحظت، على وجه الخصوص، أن مساحة أفق الأحداث، أي حدود الثقب الأسود، لايمكن أن تتناقص مع الزمن. كما اتضح لي أنه عندما يتصادم ثقبان أسودان ويندمجان معا ليشكلا ثقبا واحدا ، فإن مساحة أفق الثقب الناتج ستكون أكبر من مجموع مساحتي أفقي الثقبين الأصليين، وهذا ما يضع حدا لمقدار الطاقة التي يمكن أن تشع خلال الاصطدام. وأثارني هذا الاكتشاف إلى حد منعني من النوم جيدا في تلك الليلة.

عملتُ، من عام ١٩٧٠ وحتى عام ١٩٧٤، بشكل رئيسي في دراسة الثقوب السوداء؛ وحققت في عام ١٩٧٤ اكتشافي الأكثر إدهاشا : إن الثقوب السوداء ليست سوداء تماما ! فعندما يأخذ المرء بالحسبان تصرفات المادة في السوية الصّغرية، يجد أن الجسيمات والإشعاع يمكن أن تتسرب من الثقب الأسود ؛ فالثقب الأسود يصدر الإشعاع كما لو كان جسما حارا .

ومنذ عام ١٩٧٤، عملت على دمج النسبية العامة مع الميكانيك الكمومي في نظرية متماسكة. وكان أحد نتائج ذلك العمل اقتراحا تقدمت به عامَ ١٩٨٣ مع جيم هارتل، وهو من جامعة كاليفورنيا في سانتا باربارا : إن الزمان والمكان محدودان في اتساعهما، لكن ليست لهما حدود أو حواف . فهما يمكن أن يُمَثلا بسطح الأرض، لكن مع بعدين إضافيين. فمساحة سطح الأرض محدودة ، لكن ليست لذلك السطح حدود. عندئذ، وإذا كان هذا الاقتراح صحيحا، لن تكون هناك متفردات، وسوف تنطبق قوانين العلم في كل مكان، بما في ذلك بداية الكون. إن هذا ينطوي على أن الكيفية التي يمكن للكون أن يكون قد بدأ بها، يمكن أن تتحدد بقوانين العلم. وربما أكون بذلك قد نجحت في تحقيق تطلعاتي لاكتشاف كيفية بدء الكون؛ لكني مازلت أجهل سبب بدئه.

٣ - تجربتي مع المرض *

كثيرا ما أُسأل: ماهو شعورك حيال إصابتك بمرض العصب الحركي ؟ والجواب هو: ليس الكثير. إنني أحاول أن أمارس الحياة بشكل طبيعي ما أمكنني ذلك، وأنا لا أفكر بحالتي، كما لاأندم على الأشياء التي منعني المرض من فعلها، وهي ليست كثيرة.

كانت صدمة هائلة لي عندما اكتشفت أنني مصاب بمرض العصب الحركي. لم تكن حالتي الفيزيائية متناسقة وأنا طفل، فلم أكن ماهرا في ألعاب الكرة، ولعل هذا هو سبب عدم اهتمامي بالرياضة وبفعاليات التربية الجسمانية. لكن الأشياء بدت مختلفة عندما ذهبت إلى أوكسفورد، حيث سباقات الزوارق بما فيها من تجديف وتوجيه دفات. لم أُصبح ممارسا معتادا لرياضة الزوارق، لكنني كنت أشارك في السباقات التي تجري عادة بين الكليات.

ولاحظت في سنتي الثالثة في أوكسفورد أن حركتي أصبحت أكثر تعثرا، فقد سقطت على الأرض مرة أو مرتين دون سبب ظاهر. أما أمي، فلم تلحظ ذلك إلا بعد أن ذهبتُ إلى كامبريدج في السنة التالية، حيث أخذتني إلى طبيب العائلة الذي أحالني إلى طبيب اختصاصي. وبعد عيد ميلادي الحادي والعشرين بفترة وجيزة دخلت المستشفى للمعاينة. وبقيت فيها لمدة أسبوعين خضعت خلالهما إلى أنواع كثيرة من الاختبارات . أخذوا عينة من عضلة ذراعي، وزرعوا في جسمي المجسات الكهربائية، وحقنوا نوعا من السائل غير الشفاف للإشعاع في عمودي الفقري، وراقبوه بالأشعة السينية يتحرك إلى الأعلى والأسفل كلما حركوا السرير. وبعد كل ذلك، لم يخبروني بما اعتراني، باستثناء أنني لست مصابا بتصلب الأنسجة المضاعف وأن حالتي هي حالة استثنائية. لكني فهمت على أي حال أنهم توقعوا استمرار المرض بالتفاقم وأن ليس هناك ما يستطيعون فعله سوى إعطائي الفيتامينات. كما أدركت أنهم لم يتوقعوا أن تعطي الفيتامينات أي أثر. و لم أحاول السؤال عن تفاصيل إضافية لأنها كانت واضحة السوء .

---

* حديث قدمته أمام مؤتمر رابطة مرض العصب الحركي في برمنغهام في شهر تشرين الأول من عام ١٩٨٧.

هزّني إدراكي لإصابتي بمرض غير قابل للشفاء قد يقضي عليَّ في بضع سنين. كيف يمكن لمثل هذا أن يحصل لي ؟ لماذا يكون لزاما عليَّ أن أنتهي على هذا النحو ؟ على أي حال، وفي أثناء وجودي في المستشفى، رأيت صبيا لم أتعرف إليه تماما يموت بمرض سرطان الدم على السرير المقابل لسريري. و لم يكن ذلك مشهدا مريحا. واتضح لي أن هناك أشخاصا في حالات أسوأ من حالتي التي لم تجعلني أشعر بأنني مريض. لذلك، وكلما شعرت بنفسي تميل نحو الإحساس بالأسى ، تذكرت ذلك الصبي.

إن جهلي بما سوف يؤول إليه حالي وبالسرعة التي يمكن للمرض أن يتفاقم بها، جعلني في وضع غامض النهاية. أشار الأطباء بأن أعود إلى كامبريدج لمتابعة البحث الذي كنت قد باشرته حول النسبية العامة وعلم الكون. لكنني لم أكن أحقق تقدما ملحوظاً لعدم امتلاكي القاعدة الرياضية اللازمة، إضافة إلى يأسي من العيش ما يكفي لإنهاء الدكتوراه. ودب بيَ القنوط، ولجأت إلى شرب الكحول، وتناولتْ الصحف الخبر. لقد كانت هناك مبالغات كثيرة في تقارير الصحف حول إغراقي في شرب الكحول. إن المشكلة هنا هي أنه ما إن يرِد الخبر في إحدى المقالات حتى تنقله الصحف الأخرى لأنه يمثل حكاية جيدة، والأشياء التي تظهر في الصحافة بتلك الكثرة يجب أن تكون صحيحة.

واضطربت أحلامي آنئذ. فقبل تشخيص حالتي، كنت شديد الملل من الحياة. لم يكن يبدو لي أن ثمة ما يستحق أن أفعله. لكن بعد خروجي من المستشفى بفترة قصيرة، حلمت بأنني ذاهب ليجري إعدامي، وأدركت فجأة أن هناك الكثير من الأشياء المفيدة التي يمكنني القيام بها لو تم إرجاء الإعدام. وحلم آخر رأيته في منامي عدة مرات هو أنني مستعد للتضحية بحياتي من أجل الآخرين. فإذا كنت ميتا لامحالة، فإن عليَّ أن أفعل بعض الخير.

لكنني لم أمُتْ. ففي الواقع، وعلى الرغم من تخييم الغيوم على مستقبلي، وجدت وأنا مندهش أنني مستمتع بالحياة الآن أكثر من أي وقت مضى. وبدأت بتحقيق تقدم في بحثي، وخطبت جين وتزوجنا، وحصلت على زمالة البحث في كلية كيز في كامبريدج.

وفرت زمالة البحث لي في كلية كيز العناية بمشكلة عملي الملحة، وكنت محظوظا بأن أُختار للعمل في الفيزياء النظرية، لأن ذلك كان واحدا من المجالات القليلة التي

لاتشكل فيها حالتي إعاقة فعلية. كما كنت محظوظا أيضا بتنامي سمعتي العلمية في الوقت الذي أخذت حالتي فيه بالتدهور. وقد أدى ذلك إلى استعداد المسؤولين لعرض مجموعة من الوظائف يمكنني فيها القيام بالبحث دون أن يتعيَّن عليَّ إلقاء المحاضرات والتدريس.

كذلك كنا محظوظين من ناحية السكن. كانت جين عندما تزوجنا ماتزال طالبة في كلية ويستفليد في لندن، لذا كان عليها أن تذهب إلى لندن خلال الأسبوع. واستدعى هذا أن أجد مكانا أستطيع فيه الاعتماد على نفسي، وأن يكون هذا المكان قريبا لأنني لاأستطيع المشي بعيدا. وطلبت المساعدة من الكلية، لكن أمين الصندوق فيها حينئذ أخبرني أن سياسة الكلية هي عدم مساعدة الأساتذة الزملاء من ناحية الإقامة. لذلك أدرجنا اسمينا في لائحة لاستئجار شقة من مجموعة الشقق التي كانت تُبنى في منطقة السوق. (بعد ذلك بسنوات، اكتشفت أن هذه الشقق كانت ملكا للكلية، لكنهم لم يخبروني بذلك). وعندما عدنا إلى كامبريدج من المدرسة الصيفية في أمريكة، وجدنا أن الشقق لم تكن جاهزة. وبتنازل كبير من قبل أمين صندوق الكلية، عرض علينا غرفة في نُزل طلاب البحوث، حيث قال: نحن نتقاضى عادة اثني عشر شلنا وستة بنسات في الليلة عن هذه الغرفة. لكن بما أن كلاكما ستقيمان فيها، فسنتقاضى خمسة وعشرين شلنا.

أقمنا هناك لمدة ثلاث ليال فقط، عثرنا بعدها على بيت صغير يبعد نحو مئة ياردة عن القسم الذي أعمل فيه. كان هذا البيت ملكا لكلية أخرى أجَّرته إلى أستاذ زميل لديها. لكن هذا الأستاذ انتقل مؤخرا إلى بيت في الضواحي، وأجَّرنا البيت لفترة الأشهر الثلاثة المتبقية من عقد إيجاره. وفي أثناء هذه الشهور الثلاثة، عثرنا على بيت شاغر في الشارع نفسه. واتصل أحد الجيران بمالكة البيت في دورست قائلا لها إنها لفضيحة أن يكون بيتها شاغرا في الوقت الذي يبحث فيه الشبان عن أماكن للإقامة، فأجرتنا البيت. وبعد أن أقمنا هناك عدة سنوات، رغبنا شراءه وإصلاحه؛ لذلك تقدمنا إلى الكلية نطلب قرضا عقاريا. وقامت الكلية باستقصاء الوضع، لكنها قررت أن منحنا القرض هو مخاطرة غير محمودة. وفي النهاية، حصلنا على قرض من جمعية سكنية، وقدم والدايَ لنا المال اللازم لترميم البيت.

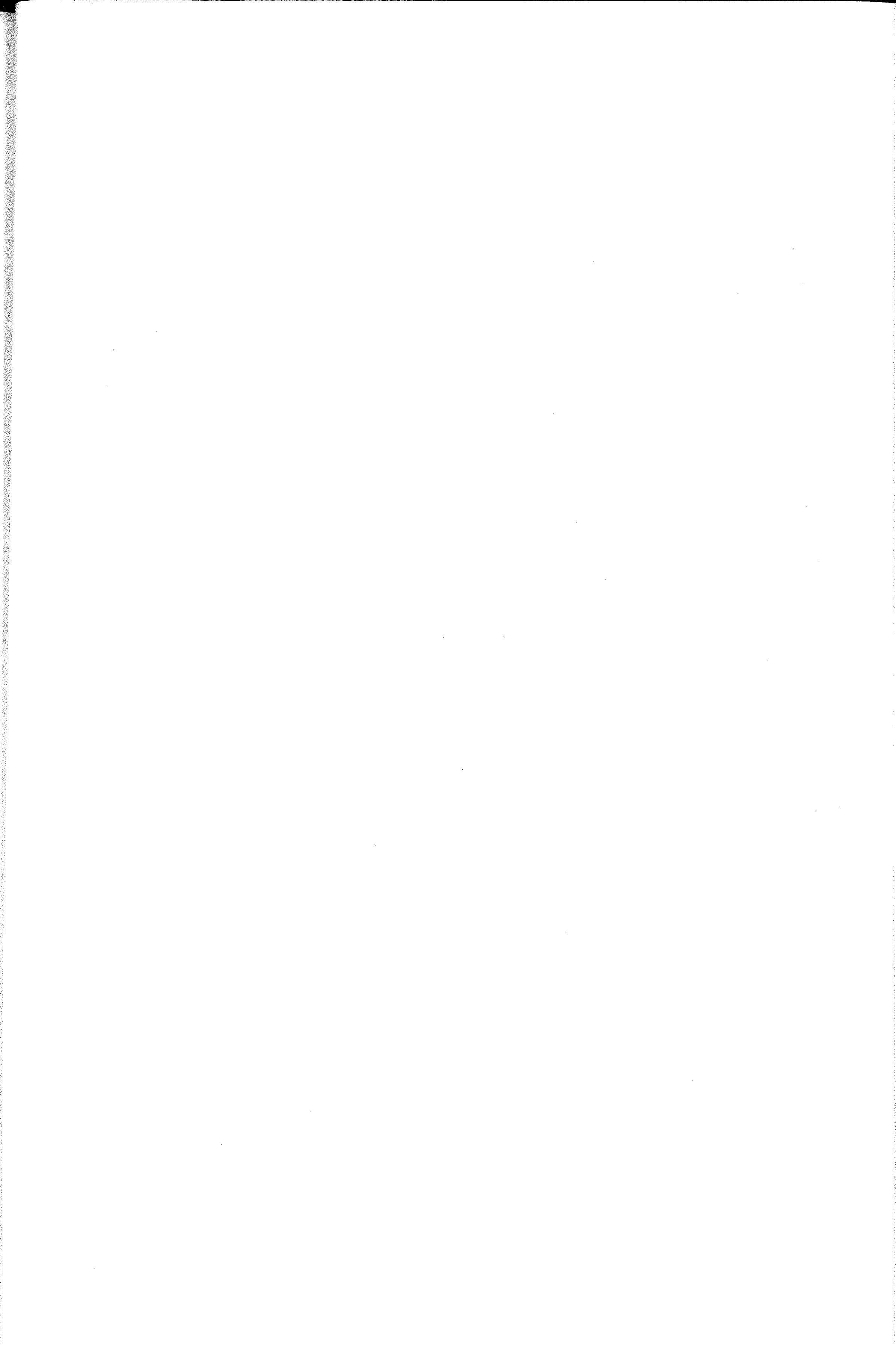
عشنا هناك لفترة أربع سنوات أخرى، إلى أن أصبح متعذرا عليَّ صعود الدرج . في غضون تلك الفترة، أصبحت معروفا لدى الكلية على نحو أفضل، كما أتى إليها أمين صندوق جديد، فقدمت لنا شقة أرضية في بيت تمتلكه. وقد لاءمني ذلك جدا بسبب وجود غرف كبيرة وأبواب عريضة، إذ كان أمرا أساسيا أن أستطيع الوصول إلى القسم أو الكلية على كرسي العجلات الكهربائية. كذلك كان البيت جيدا لأطفالنا الثلاثة، حيث كانت تحيط به حديقة يعتني بها بستاني الكلية.

كنت حتى عام ١٩٧٤ قادرا على تناول الطعام وعلى الذهاب إلى السرير والقيام منه بمفردي. وتمكنت جين من مساعدتي ومن تربية طفلين دون الحاجة إلى مساعدة خارجية. لكن بعدئذ، غدت الأمور أكثر صعوبة، لذا قررنا أن يعيش معنا واحد من طلاب البحث الذين يعملون معي، حيث يساعدني في القيام من السرير والعودة إليه لقاء الإقامة المجانية وتوفير العناية العلمية به. وفي عام ١٩٨٠، أصبحت تزورني ممرضة خاصة لمدة ساعة أو ساعتين في الصباح والمساء. واستمر الوضع كذلك حتى عام ١٩٨٥، عندما أصبت بمرض ذات الرئة، حيث أجريت لي عملية في الرغامى، مما استلزم رعاية الممرضة بشكل مستمر. وقد تيسَّر ذلك من خلال تبرعات من منظمات مختلفة.

كان صوتي قبل العملية يتحول إلى أجشَّ أكثر فأكثر، لكن الأناس الذين كانوا يعرفونني تماما كانوا يستطيعون فهمي. لذلك، كنت قادرا على التواصل مع الآخرين، وقد كتبت مقالات علمية بإملائها على سكرتيرة، وألقيت محاضرات من خلال شخص يردد ما أقول. إلا أن عملية الرغامى ذهبت بمقدرتي على الكلام نهائيا. وبقيت لفترة أتواصل مع الآخرين من خلال تهجئة الكلمات حرفا حرفا وذلك برفع حاجبيَّ أو خفضهما عندما يشير أحد إلى الحرف الصحيح على لوحة أحرف. إنه لمن الصعب جدا أن تقيم حوارا على هذا النحو، فضلا عن كتابة مقالة علمية. وسمع خبير بالحاسوب من كاليفورنيا يدعى والت وولتوز بمحنتي، فأرسل إليَّ برنامج حاسوب أسماه ***إكوالايزر*** . لقد سمح لي هذا البرنامج بانتقاء الكلمات من مجموعة تظهر على شاشة الحاسوب، وذلك بضغط زر بيدي. كذلك يمكن التحكم بالبرنامج بحركة الرأس أو العين. وعندما أبني الجملة التي أريد قولها، أرسلها إلى المُركِّب الكلامي.

في البداية، شغَّلت البرنامج باستخدام حاسوب عادي. بعدئذ ، قام ديفيد ماسون، وهو من مؤسسة اتصالات في كامبريدج، بتثبيت حاسوب شخصي صغير مع المُركِّب الكلامي على الكرسي ذي العجلات. لقد جعلني هذا النظام أتواصل مع الآخرين على نحو أفضل من السابق، حيث أستطيع تركيب عدد من الكلمات يصل إلى خمس عشرة كلمة في الدقيقة. بعدئذ ، يمكنني إرسال الكلمات إلى المُركِّب الكلامي أو خزنها على قرص الحاسوب، لأستدعيها ثانية للطباعة أولتحويلها إلى كلام جملة بعد أخرى. لقد ألَّفتُ كتابين وعددا من المقالات العلمية باستخدام هذا النظام. كما قمت بتقديم عدد من الأحاديث العلمية والشعبية، التي تم تلقيها بقبول حسن. وأعتقد أن ذلك يعود بشكل رئيسي إلى جودة المُركِّب الكلامي. إن صوت الشخص هام جدا، فإن كان أجشَّ كثيرا، قد يعاملك الناس على أنك شخص مختل عقليا. إن هذا المُركِّب الكلامي هو أفضل مُركِّب سمعته، لأنه يغير نغمة الصوت ولايتركه على وتيرة واحدة. المشكلة الوحيدة فيه هي أنه أعطاني لهجة أمريكية ، أصبحت مميزا بها. والآن ، لست أرغب في التغيير حتى لو أُعطيت صوتا ذا طابع بريطاني، لأني سأشعر بأنني أصبحت شخصا آخر.

رافقني مرض العصب الحركي عمليا منذ بداية شبابي، لكنه لم يمنعني من أن تكون لي أسرة رائعة ومن أن أكون ناجحا في عملي. ويعود هذا إلى المساعدة التي وفرها لي كل من زوجتي وأولادي وعدد كبير من الناس والمؤسسات، مشكورين جميعا. وكنت محظوظا في أن حالتي أصبحت تتدهور على نحو أبطأ مما سبق، وهذا يدل على أن المرء يجب ألاَّ يفقد الأمل.



٤ - موقف الجمهور حيال العلم*

إن العالم الذي نعيش فيه قد تغير جدا خلال مئة السنة التي مضت، ويُحتمل أن يتغير على نحو أكبر خلال مئة السنة القادمة، سواء راق ذلك لنا أم لا. قد يرغب بعضهم بإيقاف هذا التغيير والعودة إلى مايرونه عالم الصفاء والبساطة. لكن الماضي، وكما يُشير التاريخ، لم يكن رائعا. إنه لم يكن سيئا بالنسبة للقلة المحظوظة، على الرغم من أنه كان عليهم العيش دون الطب الحديث، كما كانت ولادة الأطفال تمثل خطورة كبيرة على النساء. لكن الحياة كانت بالنسبة للأغلبية بائسة ووحشية وقصيرة.

وحتى لو أراد بعض الناس إيقاف هذا التغيير، فإنهم لن يستطيعوا تدوير عقارب الساعة إلى الوراء. فالمعرفة والتقانات لايمكن أن تُنسى بسهولة، كما لايمكن لأحدٍ منع اضطراد التقدم في المستقبل. وحتى لو تم سحب جميع المال الحكومي المخصص للبحث، فإن قوة التنافس ستدفع إلى التقدم المستمر في التكنولوجيا. علاوة على ذلك، لايمكن لأحد منع العقول الباحثة عن المعرفة من التفكير بالعلوم الأساسية، سواء تقاضوا أجرا أم لا. إن الطريقة الوحيدة لإيقاف أي تطورات جديدة هي أن يصبح العالم جميعه دولة مستبدة واحدة تقوم بخنق كل شيء جديد. لكن المبادرة والعبقرية الإنسانيتين لاتسمحان لمثل هذا النظام بالنجاح، فكل مايمكنه هو إبطاء وتيرة التغيير.

إذا قبلنا بأننا لن نستطيع منع العلم والتكنولوجيا من تغيير عالمنا، يجب علينا على الأقل ضمان أن تسير التغييرات التي يؤديان إليها في الاتجاهات الصحيحة. هذا يعني أنه يجب على الجمهور في المجتمع الديموقراطي أن يمتلك فهما أساسيا للعلم بحيث يستطيع اتخاذ قرارات تخصُّ المجتمع مبنية على المعرفة، وألاَّ يترك تلك القرارات بين أيدي الخبراء فحسب. حاليا، يتخذ الجمهور من العلم موقفا مؤيدا ومعارضا نوعا ما. فقد أصبح يتوقع النمو المستمر في مستوى معيشته الذي تُؤثر فيه التطورات الجديدة في العلم والتكنولوجيا، في حين أنه لايثق بالعلم لأنه لايفهمه. إن عدم الثقة هذا واضح في الرسم الساخر الذي يصور العالِم المجنون وهو يعمل في المخبر لإنتاج فرانكنشتاين. لكن لدى

---

*حديث قدمته في أوفيدو في إسبانية، بمناسبة تكريمي ومنحي جائزة الكونكورد في شهر تشرين الأول من عام ١٩٨٩. وقد تم تجديده.

الجمهور أيضا اهتماما بالغا بالعلم، وخاصة علم الفلك، كما هو بيِّن من العدد الكبير من متابعي المسلسل التلفزيوني *الكون* وقصص الخيال العلمي.

ماالذي يمكن فعله لاستثمار هذا الاهتمام وإعطاء الجمهور الخلفية العلمية اللازمة له لاتخاذ القرارات المبنية على المعرفة حول مسائل كالمطر الحامضي وأثر البيت الزجاجي والأسلحة النووية والهندسة الوراثية ؟ واضحٌ أن الأساس يجب أن يكون ضمن ما يُعَلَّم في المدرسة. لكن العلم في المدارس غالبا ما يُقدم على نحو جاف غير جذاب، حيث يتلقنه الأطفال حفظا عن ظهر قلب لاجتياز الامتحانات، دون أن يروا ارتباطه بالعالم من حولهم. علاوة على ذلك، غالبا مايقدم العلم لهم على شكل معادلات. إن المعادلات شكل مختصر ودقيق للتعبير عن الأفكار الرياضية، لكنها تخيف معظم الناس. عندما كتبت كتابا شعبيا مؤخرا، أُخبرت بأن كل معادلة أضعها فيه تخفض حجم مبيعاته إلى النصف. لقد وضعت فيه معادلة واحدة، وهي معادلة آينشتاين الشهيرة $E = m c^2$، ولعلني تمكنت من مضاعفة مبيعات الكتاب لو لم أضمنها فيه.

ينزع العلماء والمهندسون إلى التعبير عن أفكارهم بوساطة المعادلات لأنهم يحتاجون إلى القيم الدقيقة للمقادير التي يتعاملون معها. لكن بالنسبة للآخرين منا، فإن الفهم الوصفي للمفاهيم العلمية يكفي، وهذا مايمكن تقديمه بالكلمات والمخططات دون استخدام المعادلات.

يمكن للعلم الذي يتلقنه الناس في المدرسة أن يوفر الإطار اللازم . لكن وتيرة التقدم العلمي تتسارع حاليا على نحو تحصل فيه دائما تطورات جديدة بعد أن يترك المرء المدرسة أو الجامعة. أنا لم أتعلم شيئا عن البيولوجيا الجزيئية أو الترانزستور في المدرسة، مع أن الهندسة الوراثية وعلم الحاسوب يمثلان اليوم مجالين من التطورات التي يحتمل كثيرا أن تغير طريقة عيشنا في المستقبل. قد تساعد الكتب الشعبية ومقالات المجلات التي تدور حول العلم في عرض التطورات الجديدة وإيضاح أهميتها، إلا أن الكتاب، حتى الأكثر نجاحا، لا يُقرأ إلا من قبل قلة من الجمهور. إن التلفزيون وحده هو الذي يستطيع الوصول إلى الجمهور الواسع فعلا؛ وهناك برامج علمية جيدة للتلفزيون، لكن بعضها يُقدِّم العجائب العلمية للجمهور كأنها سحر دون أن يشرحها أو يبين كيفية ارتباطها بالأفكار العلمية. إن على منتجي أفلام التلفزيون العلمية أن يدركوا أن عليهم تترتب مسؤولية تثقيف الجمهور، لا تسليته فقط.

ماهي المسائل المرتبطة بالعلم التي يجب على الجمهور اتخاذ قرارات حيالها في المستقبل القريب ؟ في الواقع ، إن المسألة الأكثر إلحاحا هـي مسـألة الأسـلحة النوويـة، أمـا بقيـة المشاكل العالمية كمشكلة المصادر الغذائية وأثر البيت الزجاجي، فإن أثرها بطيء نسبيا. إن الحرب النووية قد تعني نهاية الحياة الإنسـانية جميعهـا علـى الأرض خـلال أيـام عـدة فقط؛ لقد انخفضت حدة التوتر بين الشرق والغرب بعد انتهاء الحرب الباردة، مما جعل الخوف من الحرب النوويـة يـتراجع مـن وعـي الجماهير؛ لكـن الخطـر سـيبقى موجـودا مادام هناك من الأسلحة النووية ما يكفي لقتل جميع سكان الأرض عديـدا مـن المـرات. ففـي دول الاتحـاد السـوفياتي السـابق وفي أمريكـة، مـازالت الأسـلحة النوويـة موجهـة لتضرب جميع المدن الرئيسية في نصف الكرة الأرضية الشمالي، ويكفي أن يحصـل خطـأ حاسوبي أو تمرد من أحد القائمين على تلك الأسـلحة ليقـدح شـرارة الحـرب الكونيـة. لكن الأمر الأكثر إقلاقا من ذلك هو أن بعض القوى الصغـيرة جـادة في محاولـة امتـلاك السلاح النووي. لقد تصرفت القوى العظمى حتى الآن بطريقة معقولة نسبيا في تعاملها مع السلاح النووي، لكن المرء لايستطيع أن يكون على الدرجة نفسها من الثقة بالقوى الصغرى. إن الخطر الكبير لايكمن في الأسلحة النووية الـتي يمكـن لمثـل هـذه القـوى أن تمتلكها قريبا فحسب، والتي قد تكون بدائية على الرغم من قدرتها على قتل الملايين من الناس، بل في أن الحرب بين قوتين صغيرتين قد تجر القوى العظمـى إليهـا بكـل مالديهـا من ذخائر متراكمة.

إنه لأمر في غاية الأهمية أن يدرك الجمهور الخطر، وأن يضغط على جميع الحكومات لتوافق على نزع واسع للسلاح. قد لاتكون إزالة الأسلحة النووية بشكل شامل ممكنـة، إلا أننا نستطيع تقليص الخطر بتخفيض كمياتها.

إذا استطعنا أن نفلح في تجنب حـرب نوويـة، سـتبقى هنـاك أخطـار أخـرى يمكنهـا تدميرنا جميعا. هناك طرفة تقول إن السـبب في عـدم اتصـال حضـارات غريبـة بنـا مـن خارج الأرض هو أن الحضارات تنزع إلى تدمير ذاتها عندما تصل إلى المرحلة الـتي نحـن فيها. إلا أن لدي إيمانا كافيا بالحس الجيد لدى الجمهور الذي يجعله يعتقد أننـا قـادرون على البرهان على بطلان تلك المقولة.



٥ - موجــز تاريخ موجــز تاريــخ الزمــن *

مازلت مندهشا إلى حد ما مـن القبـول الـذي لاقـاه كتـابي *موجـز تـاريخ الزمـن*** A Brief History of Time . فهو مازال علـى لائحـة الكتـب الأكـثر مبيعـا منـذ سـبعة وثلاثين أسبوعا في صحيفة نيويورك تايمز وثمانيـة عشـر أسـبوعا في صحيفـة صانداي تايمز اللنـدنيــة (نشر الكتاب في بريطانية بعد نشره في أمريكة). وقد تمت ترجمتـه إلى عشرين لغة (أو إحدى وعشرين لغة إذا اعتبرنا الأمريكية مختلفة عـن البريطانيـة). لقـد كان هذا أكثر مما توقعت عندما فكرت في عام ١٩٨٢ بتأليف كتاب شعبي عن الكون. كان هدفي جزئيا هوكسب المال اللازم لدفع رسـوم المدرسـة لابنـتي (في الواقـع عندمـا ظهر الكتاب فعليا في الأسـواق، كـانت ابنـتي في سـنتها الأخـيرة مـن المدرسـة). لكـن السبب الرئيسي الذي دفعني إلى تأليفه هو رغبتي ببيان المدى الـذي شـعرت أننـا وصلنـا إليه في فهمنا للكون، وخاصة أننا نقف الآن على عتبـة اكتشـاف نظريـة كاملـة يمكنهـا وصف الكون وكل شيء فيه.

إذا كنت سأصرف الزمن والجهد في تأليف كتاب ، فلا بد من جعله يصل إلى أكـبر عدد ممكن من القراء . لقد نُشرت كتبي العلمية التقنية السابقة من قِبَـل مطبعـة جامعـة كامبريدج ، وقد قام الناشر بالمهمة على نحو جيد . لكنني شعرت في هذه المرة بضـرورة التوجه نحو نوع آخر من الأسواق الواسـعة الـتي طالمـا رغبـت الوصـول إليهـا . لذلـك اتصلت بوكيل بنشر آخر هو آل تسوكرمان كنت قد تعرفت إليه باعتباره صهـر زميـل لي . وسلمته مخطوط الفصل الأول وبينت له أنني أرغب أن يكـون الكتـاب مـن النـوع الذي يمكن أن يباع على منصات بيع الكتب في المطارات . فأخبرني أن هذا غير ممكـن؛

---

* نشرت هذه المقالة أولا في عام ١٩٨٨ في صحيفة The Independent . لقد بقـي كتـابي *موجـز تـاريخ الزمن* على لائحة الكتب الأكثر مبيعا في صحيفة Newyork Times لمدة ٥٣ أسبوعا. وفي بريطانيـة، وحتى شهر شباط من عام ١٩٩٣ ، بقي على قائمة جريدة Sundy Times اللندنية لمدة ٢٠٥ أسبوعا (في الأسبوع ١٨٤، دخل الكتاب سجل الأرقام القياسية Guinness Book Of Records لحصوله على أعلى عدد من مرات الظهور في اللائحة) . أما عدد اللغات التي ترجم إليها فقـد بلـغ حتـى الآن ثلاثـا وثلاثين

** تُرجم الكتاب إلى العربية من قبل المرحوم الدكتور أدهم السمان ، ونشر لدى دار طـلاس في عـام ١٩٩٠ ضمن سلسلة كتب *الثقافة المميزة* .

فالكتاب يمكن أن يباع للأكاديميين والطلاب ، إلا أنه لايمكن أن يخترق نطاق الجماهير الواسعة .

سلمت تسوكرمان المخطوط الأول للكتاب في عام ١٩٨٤، فأرسله إلى عدة دور نشر، لكنه أوصاني بأن أقبل عرضاً من دار النشر *نورتون*، وهي شركة أمريكية ذات حضور جيد في السوق. لكنني قررت قبول عرض من دار النشر *بانتام*، وهي دار نشر أكثر توجها نحو السوق الجماهيرية. فعلى الرغم من أن بانتام لم تكن متخصصة في نشر الكتب العلمية، كانت كتبها متوفرة على نطاق واسع على منصات كتب المطارات. أما سبب قبولها للكتاب فيعود ربما إلى اهتمام أحد محرريها به، وهو بيتر غوزاردي. فقد تبنى المهمة على نحو جدي وجعلني أعيد صياغة الكتاب لجعله مفهوما لغير العلميين من أمثاله، وفي كل مرة أرسلت فيها إليه فصلا أعدت كتابته، أرسل إلي لائحة طويلة من اعتراضات وأسئلة رغب أن أوضحها له. وظننت في بعض الأحيان أن العملية لن تنتهي، لكنه كان على حق : فقد كان كتابا أفضل كثيرا في النهاية.

بعد فترة وجيزة من قبولي عرض بانتام، أصبت بداء ذات الرئة، وأُجريت لي عملية في الرغامى ذهبت بصوتي. وبقيت لبعض الوقت أتواصل مع الآخرين برفع حاجبيَّ عندما يشير أحد إلى حرف على بطاقة أحرف. وكان من المستحيل أن أنهي الكتاب لولا برنامج الحاسوب الذي قُدِّم لي. كان بطيئا إلى حدٍّ ما، وهذا ما أتاح لي التفكير ببطء، وبذلك لاءمني جدا. وبوساطته أعدت كتابة المخطوط الأول برمته تقريبا، وذلك استجابة لحث غوزاردي. وقد ساعدني في هذه المراجعة أحد طلابي، وهو برايان ويت.

كنت قد تأثرت جدا بالمسلسل التلفزيوني *ارتقاء الإنسان* الذي أعده جاكوب برونوفسكي. فقد أعطى المشاهدين إحساسا بما حققه الإنسان في تطوره، من متوحش بدائي قبل خمسة عشر ألف سنة، إلى ما هو عليه في أيامنا الحالية. ورغبت أن أنقل إلى الناس إحساسا مشابها بالتطور الذي حققناه على طريق الفهم الكامل للقوانين التي تحكم الكون. كنت متيقنا من أن الجميع تقريبا مهتمون بكيفية عمل الكون، لكن معظم الناس لايستطيعون متابعة المعادلات الرياضية. أنا لا أهتم شخصيا بالمعادلات كثيرا، ويعود هذا جزئيا إلى الصعوبة التي أعاني منها لدى كتابتها، وبشكل رئيسي إلى أنني لاأمتلك إحساسا ممتعا بها. فأنا أفكر باستخدام المخططات، عوضا عن المعادلات، ولذلك كان هدفي في الكتاب هو وصف هذه الصور الفكرية بالكلمات، مستعينا

بالتشابيه المألوفة وببعض الرسـومات. وبهـذه الطريقـة أمِلـتُ أن يتمكـن معظـم هـؤلاء النـاس مـن المشـاركة في الإثـارة والإحسـاس بالإنجـازات الـتي أُحـرزت في الفيزيـاء في الخمس والعشرين سنة الماضية.

مع ذلك، وحتى لو تجنب المرء الرياضيات، تبقى بعض الأفكار غـير مألوفـة وعصيـة على الشرح. وخلق هذا لي مشكلة : أيجب علي شرحها والمخاطرة بإربـاك القـراء بهـا، أم يمكنني التغاضي عنها ؟ بعض المفاهيم غير المألوفة، كحقيقة أن الشخصين المتحركـين بسرعتين مختلفتين يقيسان فترات زمنية مختلفـة بـين حدثـين ذاتهمـا، لم تكـن جوهريـة للصورة التي أردت رسمها. لكن بعض الأفكار الأخرى كانت أساسية لمـا أردت التعبـير عنه؛ وكان هناك مفهومان من هذا النمط شعرت بأن عليَّ تضمينهما في الكتاب علـى وجه الخصوص. أحدهما هو ما يُدعى ***الجمع على التواريخ*** ، وهذه فكـرة مفادهـا أنـه ليس هناك تاريخ واحد للكون فحسب، بل تجمُّـع مـن التواريـخ الممكنـة، وجميـع هـذه التواريخ متساوية في كونها حقيقية (مهما يحمل ذلك من معنى). أما الفكرة الأخرى، وهي ضرورية لتكوين الحس الرياضي بالجمع على التواريخ، فهي ***الزمن التخيُّلي*** . أنـا أشعر الآن أنه كان علـيَّ بـذل المزيـد مـن الجهـد لتوضيـح هذيـن المفهومـين الشـديدي الصعوبة، وعلى وجه الخصوص مفهوم الزمن التخيلـي، الـذي يبـدو أنـه الشـيء الـذي سبب المعاناة الأكبر لقراء الكتاب. على أي حال، ليس ضروريا تماما فهم ماهية الزمـن التخيلي تحديداً، بل يكفي أنه يختلف عما ندعوه ***الزمن الحقيقي***.

عندما قارب الكتاب مرحلة التوزيع، أُرسلت نسخة عنه إلى أحد العلمـاء مـن أجـل كتابة عرض حوله في مجلة ***الطبيعة*** العلمية ، فروَّعه أن يجده مملـوءا بالأخطـاء وبـالصور والرسومات التي أتت في غير مواضعها. فاتصل مع القائمين على دار النشر الذين هالهم الأمر أيضا ، فقرروا في اليوم نفسه استعادة الطبعة برمتها وإتلافها. وأمضوا ثلاثة أسابيع في عمل دؤوب يصححون الكتاب ويراجعونه بكامله، فـأصبح جـاهزا للعـرض في دور الكتب في التاريخ المقرر للنشر. في تلك الأثناء ، نشـرت مجلة ***تايم*** الأمريكية لمحـة عـني؛ ودُهش الناشر من الطلب الكبير على الكتاب؛ لقد طُبع منه حتـى الآن في أمريكـة سـبع عشرة طبعة ، وفي بريطانية عشر طبعات* .

---

* حتى نيسان من عام ١٩٩٣ ، بلغ عدد الطبعات ذات الغلاف الصلب أربعين طبعة وذات الغـلاف اللـين تسع عشرة طبعة في أمريكة ، وبلغ عدد الطبعات ذات الغلاف الصلب في بريطانية تسعاً وثلاثين .

لماذا اشترى الكتابَ هذا العدد الكبير من الناس؟ لست متيقنا من أنني سأكون موضوعيا في إجابتي، لذلك سأرجع إلى ماقاله الآخرون. لقد وجدت أن معظم التعليقات التي نُشرت حول الكتاب في الصحف والمجلات غير مريحة لي إلى حد ما، على الرغم من أنها مستحبة. فقد مالوا إلى استخدام الصيغة التالية:

> ***ستيفن هوكينغ مصاب بمرض العصب الحركي، وهو مقعد ومحتجز في كرسي ذي عجلات؛ لايستطيع الكلام، وهو يستطيع تحريك س من أصابعه فقط (حيث يتراوح س بين ١ و ٣ ، تبعا للمقالة غير الدقيقة التي كان المراجع قد قرأها عني). ومع ذلك ، فقد كتب هذا الكتاب حول السؤال الأكبر : من أين أتينا وإلى أين سوف ننتهي ؟ إن الجواب الذي يقترحه هوكينغ هو أن الكون لا يُخلق ولا يُدمر : إنه موجود فحسب . ومن أجل صياغة هذه الفكرة ، يقدم هوكينغ مفهوم الزمن التخيلي الذي أجده صعب الاستيعاب بعض الشيء . فإذا كان هوكينغ على صواب وعثرنا على نظرية موحدة كاملة فإننا سنعرف حقا عقل ا لله*** (في مرحلة تنضيد الكتاب تحضيرا لنشره، كنت سأحذف الجملة الأخيرة وهي أنه يمكننا معرفة عقل ا لله. ولو فعلت ذلك لانخفضت مبيعات الكتاب إلى النصف).

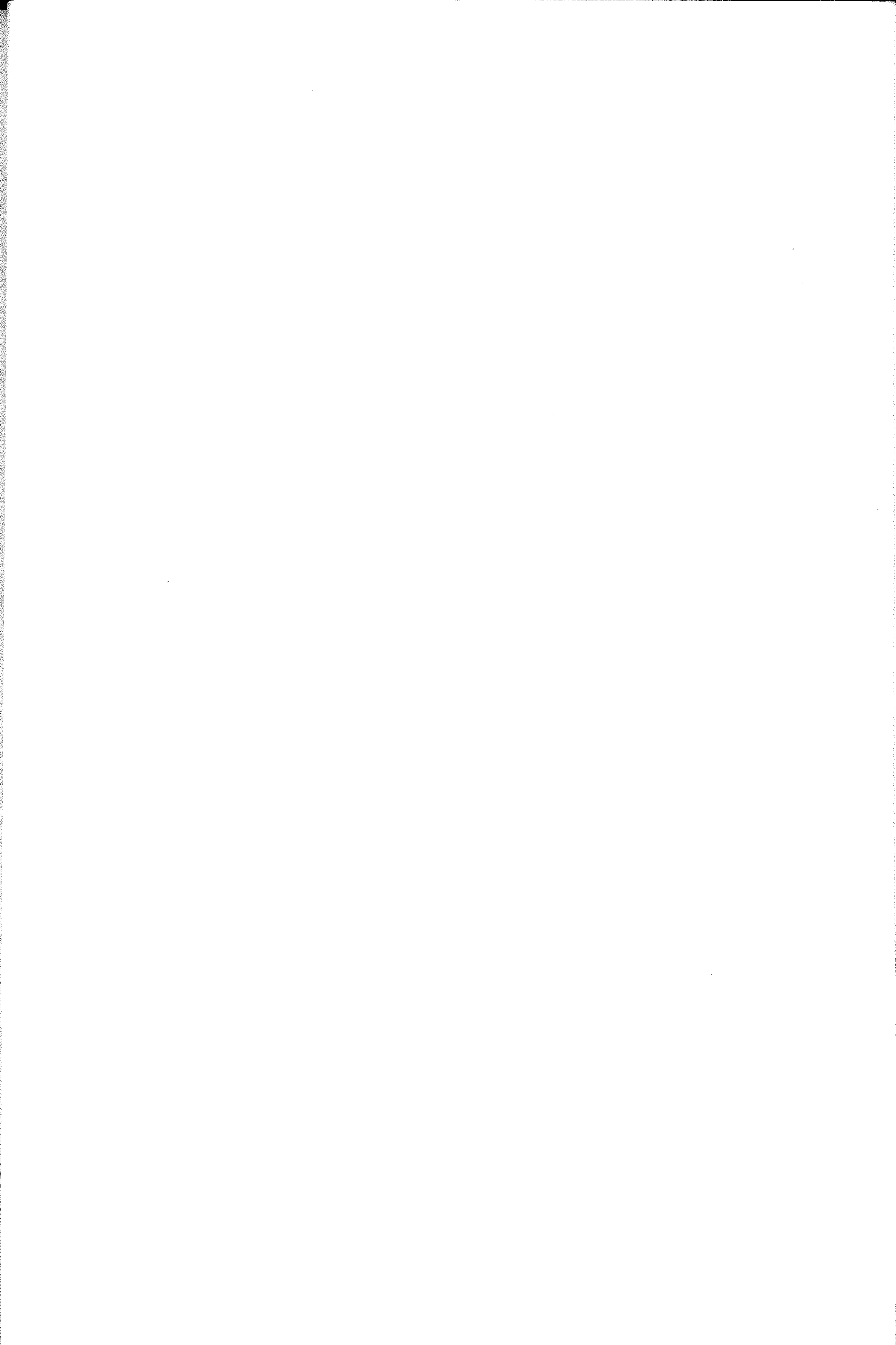
مقالة أخرى شعرت أنها أكثر دقة إلى حد ما هي مانشر في صحيفة *الإندبندنت* اللندنية والتي قالت: حتى الكتاب العلمي الجاد مثل ***موجز تاريخ الزمن*** يمكن أن يصبح كتابا شعبيا يُولع به المولعون. وارتاعت زوجتي لذلك ، لكنني سررت بمقارنة كتابي مع طائفة من الكتب الرائجة مثل ***تسين وفن صيانة الدراجات الآلية***. فأنا آمل، مثل تسين، أن يُعطي كتابي الناس إحساسا بأن عليهم عدم الانقطاع عن الأسئلة الفكرية والفلسفية الكبرى.

مما لا شك فيه هو أن حكايتي المؤثرة وكيفية تمكني من أن أكون فيزيائيا نظريا على الرغم من عاهتي، قد ساعدت في رواج الكتاب. لكن أولئك الذين اشتروا الكتاب من زاوية الاهتمام الإنساني قد يكون أملهم قد خاب، لأنه لم يتضمن سوى بضعة إشارات إلى حالتي. فقد قصدت بالكتاب أن يكون تاريخا للكون وليس لي. ولم يردع ذلك بعضهم عن اتهام دار النشر بأنها استغلت مرضي، ومن اتهامي بالتواطؤ معها من أجل وضع صورتي على غلاف الكتاب. في الواقع ، وبموجب العقد الذي أبرمته مع الناشر، ليس لي حق في التدخل بمظهر الغلاف. لكنني تمكنت من إقناع الدار باستخدام صورة

أفضل في الطبعة البريطانية بدلا من الصورة البائسة والقديمة التي ظهرت في الطبعة الأمريكية . إلا أن الدار لم تغير الغلاف في أمريكة، لأنها ارتأت أن الأمريكيين يعرفون الكتاب من خلالها.

وقيل أيضا إن الناس يشترون الكتاب لأنهم قرؤوا مراجعات حوله أو لأنه بقي على لائحة الكتب الأكثر مبيعا لمدة طويلة، لكنهم لايقرؤونه ؛ إنهم يضعونه في حقائب كتبهم أو على طاولة القهوة، متباهين باقتنائه، دون أن يتكبدوا قراءته وفهمه. أنا متيقن أن هذا يحصل، لكني لا أعرف إن كان ذلك يحصل لكتابي أكثر مما يحصل لمعظم الكتب الجادة الأخرى، بما فيها الكتاب المقدس ومؤلفات شكسبير. من ناحية أخرى، أنا أعلم جيدا أن هناك أناسا قد قرؤوه، لأنني أتلقى كل يوم رزمة من الرسائل حوله، كثيرون من أصحابها يتساءلون أويقدمون ملاحظات مفصلة تدل على أنهم قد قرؤوه، وإن لم يكونوا قد فهموه بكامله. كما أن أناسا لاأعرفهم كثيرا ما يستوقفونني في الشارع ويخبرونني عن مدى استمتاعهم به. طبعا، يمكنهم تعرُّفي بسهولة، فأنا معروف، إن لم أكن مشهورا، أكثر من معظم المؤلفين الآخرين. إن تواتر استلامي لتهاني الجمهور (الأمر الشديد الإرباك لابني ذي التاسعة من عمره) يشير إلى أن بعضا على الأقل من أولئك الذين يشترون الكتاب يقرؤونه فعلا.

يسألني الناس عما سأفعله في المستقبل. أشعر أنني لا أستطيع كتابة متمم لكتاب ***موجز تاريخ الزمن***. ماذا أدعوه ؟ *تاريخ أطول للزمن* ؟ *ما بعد نهاية الزمن* ؟ *ابن الزمن* ؟ لقد اقترح وكيلي أن أسمح بتصوير فيلم عن حياتي، لكن، لا أنا ولا عائلتي، سيبقى لدينا أي احترام ذاتي إذا سمحنا لأنفسنا أن نُستبدل بممثلين. والشيء نفسه قد يكون صحيحا لوسمحت لأحد وساعدته في كتابة قصة حياتي. طبعا، لا أستطيع منع أحد من كتابة هذه القصة بمفرده، طالما أنها لا تُشهِّر بي، لكنني أحاول الحد من عزيمته بالقول إنني أنظر في إمكانية كتابة سيرتي الذاتية. قد أفعل، لكنني لست في عجلة من أمري، فلدي الكثير من العمل العلمي الذي أريد أن أقوم به أولا.



٦ - موقفي*

ليست هذه المقالة حول ما إذا كنت أؤمن با لله، إنما سأناقش فيها منهجي حول الكيفية التي يمكن للمرء فهم الكون بها، وذلك من خلال التعرض للوضع الراهن لما يُدعى بالنظرية الموحدة العظمى، *نظرية كل شيء*، ولما يمكن أن تعنيه. إن هناك مشكلة حقيقية، فالناس الذين يجب عليهم دراسة مثل هذه المسألة ومناقشتها، وهم الفلاسفة، ليست لديهم، على الأغلب، الخلفية الرياضية الكافية لمواكبة التطورات الحديثة في الفيزياء النظرية. هناك فئة منهم يُدعَوْن فلاسفة العلم يُفترض أنهم يتمتعون بتأهيل أفضل، إلا أن جلّهم من الفيزيائيين الفاشلين الذين يجدون صعوبة بالغة في اختراع نظريات جديدة، لذا توجهوا نحو الكتابة عن فلسفة الفيزياء عوضا عن ذلك. وهم مازالوا يجادلون حول النظريات العلمية التي ظهرت في السنوات المبكرة من هذا القرن، مثل نظرية النسبية وميكانيك الكم، لكنهم ليسوا على تماس مع الحدود التي بلغتها الفيزياء اليوم.

قد أكون قاسيا بعض الشيء على الفلاسفة، لكنهم لم يكونوا لطفاء معي من جانبهم. فقد وصفوا منهجي بأنه ساذج وبسيط. كما نُسبتُ إلى مذاهب فلسفية مختلفة مثل الإسمانية والذرائعية والوضعية والواقعية** وما كان من قبيلها. ويبدو أن هذا هو أسلوب الدحض بتشويه السمعة: فإذا استطعت وشم منهجي بنعت ما، لايترتب عليك أن تحدد الخطأ الكامن فيه. لكن من المؤكد أن الجميع يعرفون الخطأ الفادح الذي تنطوي عليه تلك النعوت كلُّها.

---

* حديث قدمته في كلية كيز في أيار ١٩٩٢ .

** الإسمانية مذهب يرى أن المفاهيم المجردة ليس لها وجود حقيقي ، وأنها لا تزيد عن كونها أسماء فحسب . والذرائعية مذهب يقول إن الأفكار هي وسائل للعمل وإن فائدتها هي التي تقرر قيمتها. والوضعية فلسفة تُعنى بالظواهر والوقائع اليقينية مهملة كل تفكير تجريدي في الأسباب المطلقة. والواقعية هي فلسفة مفادها أن للمادة وجودا مستقلا عن إدراكنا لها .

المترجم: عن المورد لمنير بعلبكي

إن الذين يحققون التقدم فعلا في الفيزياء النظرية لايفكرون بالطرائق التي يخترعها لهم الفلاسفة ومؤرخو العلوم فيما بعد. وأنا متيقن من أن آينشتاين وهايزنبرغ وديراك لم يكونوا يهتمون بكونهم واقعيين أو ذرائعيين. فقد كانوا ببساطة مهتمين بعدم توافق النظريات الموجودة بعضها مع بعض. إن البحث عن التماسك الذاتي المنطقي في الفيزياء النظرية كان دائما هو الأكثر أهمية في تحقيق التقدم من النتائج العملية. صحيح أن هناك نظريات أنيقة وجميلة تم رفضها لأنها لم تتفق مع الأرصاد العملية، لكنني لست أعرف أيضا أن أيا من النظريات الرئيسية قد تم إنجازها اعتمادا على التجربة فقط. إن النظرية تأتي أولا وهي مُصممة من منطلق الرغبة في أن يكون هناك نموذج رياضي متماسك ومتناسق. ثم تؤدي النظرية إلى تنبؤات يمكن اختبارها بالتجربة العملية والأرصاد. لكن إذا اتفقت الأرصاد مع التنبؤات، فإن ذلك لا يثبت صحة النظرية، بل تنجو النظرية لتعطي تنبؤات أخرى تخضع للاختبارات من خلال الأرصاد. وإذا لم تتفق الأرصاد مع التنبؤات، تهمل النظرية.

هذا ما يُفترض أن يحصل. لكن عمليا، يتردد الناس في التخلي عن نظرية استثمروا فيها الكثير من الوقت والجهد، ويلجؤون عادة إلى استجواب دقة النتائج. فإن أخفقوا، حاولوا تعديل النظرية بطريقة تلبي نقطة محددة؛ وتتضخم النظرية لتغدو صرحا بشعا ينخره الصدأ. وفي نهاية المطاف، يقترح امرؤ نظرية جديدة تفسر جميع الأرصاد السابقة على نحو طبيعي وأنيق. ومثال ذلك تجربة مايكلسون ومورلي التي أجريت في عام ١٨٨٧ والتي بينت أن سرعة الضوء كانت دائما نفسها، بغض النظر عن حركة مصدر الضوء أو الراصد. وقد بدا ذلك سخيفا، فالمتوقع أن المرء المتحرك باتجاه منبع الضوء يجب أن يراه منتشرا بسرعة تفوق السرعة التي يقيسها شخص آخر يتحرك باتجاه انتشار الضوء نفسه. إلا أن التجربة بينت أن كلا الراصدين سيقيسان السرعة نفسها. وبقي أناس مثل هندريك لورنتس وجورج فيتزجيرالد يحاولون طيلة الثمانية عشر عاما التالية استيعاب هذه النتيجة ضمن الأفكار السائدة حينئذ عن المكان والزمان. فقد قدموا فرضيات خاصة بهذه المسألة حصرا، كاقتراح أن الأشياء تصبح أقصر عندما تتحرك بسرعة عالية. وغدا إطار عمل الفيزياء برمته بشعا مشوها، إلى أن اقترح آينشتاين في عام ١٩٠٥ وجهة نظر أكثر جاذبية، لم ينظر فيها إلى الزمن على أنه كيان مستقل تماما وقائم بذاته، بل دمجه مع المكان في كائن رباعي الأبعاد دُعي ***الزمكان*** (الزمان ـ المكان). و لم يكن آينشتاين مدفوعا نحو هذه الفكرة على أساس نتائج التجربة

بمقدار ما كان راغبا بجعل جزأين من النظرية يتوافقان معا في نظرية واحدة متماسكة؛ وهذان الجزءان هما القوانين التي تحكم الحركة في الحقلين الكهربائي والمغناطيسي والقوانين التي تحكم حركة الأجسام في الفضاء .

لا أظن أن آينشتاين أو أي شخص غيره قد أدرك في عام ١٩٠٥ رشاقة وبساطة نظرية النسبية الجديدة التي أدت إلى ثورة شاملة في نظرتنا إلى المكان والزمن. إن هذا المثال يُبيِّن بوضوح صعوبة أن يكون المرء واقعيا في فلسفة العلم، لأن الحقيقة في منظورنا تعتمد على النظرية التي نؤمن بها. أنا متيقن أن لورنتس وفيتزجيرالد اعتبرا نفسيهما واقعيين، ففسرا التجربة التي أُجريت على سرعة الضوء مُعتمدَيْن على الأفكار النيوتونية حول الزمن المطلق والمكان المطلق. لقد بدت هذه الصفات للزمن والمكان متطابقة مع الحس العام والحقيقة. أما اليوم، فإن أولئك الذين يَألفون نظرية النسبية، ويالقلة عددهم، يمتلكون وجهة نظر مختلفة. إنه لزام علينا أن نُخبر الناس عن الفهم الحديث لمثل هذه المفاهيم الأساسية للمكان والزمن.

إذا كان مانعتبره حقيقيا يعتمد على نظرياتنا، فكيف يمكن لنا أن نجعل الحقيقة أساسا لفلسفتنا ؟ هنا يمكن أن أقول إنني واقعي بمعنى أن الكون موجود قائم بذاته ينتظر من يستقصيه ويفهمه. وأنا أعتبر الموقف الأناني - الذي يرى أن كل الأشياء هي من خلق تصوراتنا - مضيعة للوقت، وما من امرئ يتصرف على هذا الأساس. لكننا لانستطيع أيضا أن نميز ما هو حقيقي في الكون دون نظرية. لذا فإنني أتبنى وجهة النظر التي وُصفت بأنها ساذجة بلهاء والتي تقول إن نظرية الفيزياء هي مجرد نموذج رياضي نستخدمه لوصف نتائج الأرصاد. والنظرية تكون نظرية جيدة إذا كانت أنيقة رشيقة تصف فئة واسعة من الأرصاد، وتتنبأ بنتائج أرصاد جديدة. باستثناء ذلك، لا أجد معنى للسؤال عما إذا كانت تقابل الحقيقة، لأننا لا نعلم ما هي الحقيقة المستقلة عن النظرية. قد تجعل هذه النظرة إلى النظريات العلمية مني ذرائعيا أو وضعيا، وقد نُعِتُّ بكلا الصفتين، كما ذكرت آنفا. لقد أضاف الشخص الذي نعتني بصفة الوضعي أن الجميع يعلمون أن الوضعية باتت من الماضي، وهذا دحض لموقفي سعى إليه من خلال تشويه سمعتي. قد تكون أصبحت من الماضي فعلا من حيث أنها كانت بدعة الأمس الفكرية، لكن الموقف الوضعي الذي بينته يبدو الموقف الوحيد الذي يمكن أن يتبناه المرء الذي

يسعى إلى قوانين جديدة وطرائق جديدة لوصف الكون . إنه ليس أمرا جيدا أن نلجأ إلى الحقيقة لأننا لانمتلك مفهوما للحقيقة مستقلا عن النمذجة .

حسبما أرى، فإن الاعتقاد غير المعلن بالحقيقة المستقلة عن النمذجة هو السبب الكامن وراء الصعوبات التي يعاني منها فلاسفة العلم بخصوص ***ميكانيك الكم ومبدأ الارتياب***. هناك تجربة ذهنية شهيرة تُدعى ***قطة شرودينغر***، توضع بموجبها قطة في صندوق مغلق مع مدفع مصوب نحوها، وتنطلق قذيفة المدفع إذا حصل إشعاع لجسيمات من نظير مشع؛ إن احتمال حصول الإشعاع هو خمسون بالمئة.

إذا فتح شخص الصندوق، سيجد القطة ميتة أو حية. لكن قبل فتح الصندوق، ستكون الحالة الكمومية للقطة مزيجا من حالة **القطة ميتة** وحالة **القطة حية**. هذا أمر يراه بعض فلاسفة العلم صعب التصديق. فالقطة كما يدعون لايمكن أن تكون نصف مصابة بالعيار الناري ونصف غير مصابة، تماما كالمرأة التي لايمكن أن تكون نصف حامل. تظهر هذه الصعوبة التي يعانون منها لأنهم يستخدمون ضمنا مفهوما تقليديا للحقيقة يعطي للشيء تاريخا مفردا محددا. إن النقطة الجوهرية في ميكانيك الكم هي نظرته المختلفة إلى الحقيقة التي تتضمن أن ليس للشيء تاريخ واحد فحسب، بل كل التواريخ الممكنة. وفي معظم الحالات، يلغي احتمالُ وجود تاريخ محدد احتمالَ وجود تاريخ آخر يختلف عنه قليلا جدا. لكن في حالات معينة ، تدعم احتمالات التواريخ المتجاورة بعضها بعضا، والتاريخ الذي نرصده لجسم ما هو واحد من هذه التواريخ.

في حالة قطة شرودينغر، هناك تاريخان يدعم كل منهما الآخر، تاريخ تكون فيه القطة ميتة وآخر تكون فيه حية. وفي نظرية الكم، كلا الحالتين يمكن أن تتواجدا معا. إلا أن بعض الفلاسفة يورطون أنفسهم بالمتاعب لأنهم يفترضون ضمنا أن للقطة تاريخا واحدا فقط.

إن طبيعة الزمن هي مثال آخر لمجال تحدد فيه نظرياتنا في الفيزياء مفهومنا للحقيقة. فقد كان يُعتبر واضحا أن الزمن يتدفق باستمرار إلى الأبد، بغض النظر عما يحصل. لكن نظرية النسبية دمجت الزمن مع المكان وقالت إن كلاًّ منهما يمكن أن يلتوي أو يتشوه بتأثير المادة والطاقة الموجودتين في الكون. لقد غيَّر هذا إدراكنا لطبيعة الزمن، فبدلا من أن يكون مستقلا عن الكون، غدا يتأثر به. وعندئذ، أصبح معقولاً ألاَّ يكون الزمن معرَّفا قبل نقطة معينة من الماضي. فبالمضي عبر الزمن إلى الوراء، يصل المرء إلى

حاجز لايمكن تجاوزه، وهو *المتفرد* الذي لايمكن الذهاب إلى ما وراءه. فإذا كان ذلك هو الحال، فلا معنى حينئذ لطرح السؤال حول من أو ماذا تسبب بالانفجار الأعظم أو خلقه؛ فالحديث عن السبب أو الخلق يفترض ضمنا وجود زمن قبل ***متفرد الانفجار الأعظم***. ونحن نعلم منذ خمس وعشرين سنة أن نظرية النسبية العامة لآينشتاين تتنبأ بأنه يجب أن تكون هناك بداية للزمن كانت في المتفرد قبل خمسة عشر مليار سنة. لكن الفلاسفة لم يستوعبوا الفكرة حتى الآن، فهم لايزالون قلقين على أسس الميكانيك الكمومي التي وضعت قبل خمس وستين سنة . إنهم لايدركون أن جبهة الفيزياء قد دفعت إلى الأمام .

والأسوأ من هذا هو المفهوم الرياضي *للزمن التخيُّلي*، حيث اقترحت أنا وجيم هارتل أنه قد لاتكون هناك بداية للزمن أو نهاية. وقوبلت بالهجوم الوحشي من قبل أحد فلاسفة العلم بسبب تحدثي عن الزمن التخيلي؛ فقد قال: كيف يمكن أن يكون لحيلة رياضية مثل الزمن التخيلي دور في الكون الحقيقي ؟ وأظن أن هذا الفيلسوف قد خلط بين معنى المصطلحين الرياضيين *أرقام حقيقية* و *أرقام تخيلية* ومعنى ***حقيقي*** و ***تخيلي*** في اللغة العادية. وهذا يوضح وجهة نظري تماما: كيف يمكننا معرفة ماهو حقيقي دون اللجوء إلى نظرية أو نموذج يفسره ؟

لقد استخدمت أمثلة من نظرية النسبية وميكانيك الكم لأبين المشاكل التي تواجه المرء عندما يحاول فهم الكون. في الواقع، ليس مهما أن تفهم النسبية أو ميكانيك الكم، حتى أنه ليس مهما ألاّ تكون هذه النظريات صحيحة. إن ما آمل أن أكون قد بينته هو أن نوعا من المنهجية اليقينية (الوضعية) - حيث يمكن اعتبار النظرية كنموذج- هي الطريقة الوحيدة لفهم الكون على الأقل من قبل الفيزيائي النظري. وأنا متفائل بأننا سوف نجد نموذجا متماسكا يستطيع وصف كل شيء في الكون. فإذا تحقق ذلك، سيكون نصرا حقيقيا للكائن البشري.

٧ - هل نهاية الفيزياء النظرية منظورة ؟*

أود في هذه الصفحات مناقشة إمكانية بلوغ الفيزياء النظرية غايتها في المستقبل غير البعيد، ولنقل قبل نهاية القرن العشرين. أعني بهذا أنه قد تصبح لدينا نظرية موحدة تامة ومتماسكة للتفاعلات الفيزيائية تستطيع وصف جميع الأرصاد والملاحظات الممكنة. طبعا، يجب أن يكون المرء شديد الحذر عند القيام بمثل هذا التنبؤ، فقد ظننا أننا كنا على أعتاب البنية النهائية لهذه النظرية مرتين على الأقل قبل الآن. ففي بداية القرن، ساد اعتقاد بإمكانية فهم كل شيء من خلال ميكانيك الكم، وكل ماكان لازما هو قياس عدد معين من المعاملات كالمرونة واللزوجة والناقلية ... إلخ . لكن الأمل تبخر باكتشاف البنية الذرية وميكانيك الكم. كذلك، وفي أواخر العشرينيات من القرن، أخبر ماكس بورن مجموعة من العلماء الذين زاروا غوتنغن *أن الفيزياء كما نعرفها سوف تنتهي خلال ستة أشهر*. حصل هذا بعد مدة وجيزة من اكتشاف بول ديراك - وهو واحد ممن احتلوا سابقا الكرسي اللوكاسي** في كامبريدج - **معادلة ديراك** التي تحكم تصرفات الالكترون. وساد اعتقاد بأن معادلة مشابهة يمكن أن تحكم البروتون، وهو الجسيم الأساسي الوحيد الآخر الذي كان معروفا في تلك الأيام. لكن اكتشاف النيوترون والقوى النووية خيب تلك الآمال. نحن نعرف الآن أن البروتون والنيوترون ليسا في الواقع جسيمين أساسيين، وإنما يتكونان من جسيمات أصغر. لكن التقدم الكبير الذي حققناه في السنوات الأخيرة، يسمح لي بالقول إن هناك دواعي للتفاؤل الحذر بأننا سوف نرى نظرية كاملة في أثناء حياة بعض من يقرؤون هذه الصفحات.

حتى لو توصلنا إلى نظرية كاملة ، لن يكون بإمكاننا القيام بتنبؤات تفصيلية في أي من الحالات باستثناء الحالة الأكثر بساطة. فمثلا ، نحن نعرف القوانين الفيزيائية التي تحكم كل شيء نتعامل معه في حياتنا اليومية، وكما أشار ديراك، فإن معادلته تمثل

---

* في ٢٩ نيسان من عام ١٩٨٠ ، تقلدت منصب أستاذ الرياضيات اللوكاسي في كامبريدج ، وقد قرأ أحد طلابي هذا المقال في الحفل نيابة عني .

** ينسب كرسي الرياضيات اللوكاسي إلى Henry Lucas الذي تبرع في عام ١٦٦٣ بمبلغ ١٠٠ جنيه استرليني سنويا من أجل تمويل محاضرات الرياضيات في جامعة كامبريدج .

المترجم

الأساس لمعظم الفيزياء وكل الكيمياء. ومع ذلك ، لم نتمكن من حل تلك المعادلة إلا من أجل أبسط منظومة ذرية، وهي ذرة الهيدروجين المكونة من بروتون واحد والكترون واحد. أما من أجل الذرات الأكثر تعقيدا والتي تحتوي على أكثر من الكترون واحد، وبالتالي الجزيئات التي تحتوي على أكثر من ذرة واحدة، فإن علينا اللجوء إلى التقريب والتخمين الحدسي المشكوك بصلاحيتهما. ومن أجل المنظومات الكبيرة المكونة من 10^{23} جزيء تقريبا، يجب علينا استخدام الوسائل الإحصائية والتخلي عن أي ادعاء بإمكانية حل المعادلات على نحو دقيق. فعلى الرغم من معرفتنا من ناحية المبدأ بالمعادلات التي تحكم البيولوجيا برمتها، لم يكن بإمكاننا تقليص دراسة التصرفات الإنسانية إلى فرع من الرياضيات التطبيقية.

ماذا نعني بالنظرية الفيزيائية الكاملة الموحدة ؟ إن محاولاتنا لنمذجة الحقيقة الفيزيائية تتكون عادة من قسمين :

١ ـ مجموعة من القوانين المحلية تنطبق على مختلف المقادير الفيزيائية، وتصاغ هذه القوانين عادة على شكل معادلات تفاضلية.

٢ ـ مجموعات من الشروط الحدية تدل على حالة بعض المواضع من الكون في زمن معين وعلى الآثار التي تدخل فيها من بقية الكون .

يدعي كثيرون أن دور العلم ينحصر في القسم الأول، وأن الفيزياء ستكون قد أنجزت مهامها عندما نحصل على مجموعة كاملة من القوانين الفيزيائية المحلية. وهم ينظرون إلى مسألة الشروط الحدية للكون على أنها تنتمي إلى مملكة الغيبيات أو الدين، وهذا موقف مشابه إلى حد ما لموقف أولئك الذين عارضوا في القرون السابقة الاستقصاء العلمي بقولهم إن الظواهر الطبيعية هي ؛ من صنع الله ويجب ألاَّ يُبحث فيها. لكنني أظن أن الشروط البدئية للكون تمثل موضوعا ملائما للدراسة العلمية كما هي القوانين الفيزيائية المحلية، ولن تكون لدينا نظرية كاملة حتى نستطيع فعل ماهو أكثر *من قول إن الأشياء على ما هي عليه لأنها كانت على ما كانت عليه.*

تتصل مسألة وحدانية الشروط البدئية اتصالا وثيقا مع مسألة اعتباطية القوانين الفيزيائية المحلية؛ فنحن لانعتبر النظرية كاملة إن احتوت على عدد من المعاملات القابلة للضبط كالكتل وثوابت الربط التي يمكن أن تأخذ أي قيمة نرغب. وفي الواقع، يبدو أن

كلاً من الشروط البدئية وقيم المعاملات في النظرية ليست اعتباطية، لكنها تُختار أو تُحدد على نحو ما بحذر شديد . فمثلا ، لو لم يكن الفرق بين كتلتي البروتون والنيوترون مساويا مايقارب ضعف كتلة الالكترون، لما أمكن الحصول على زهاء المئتين من النوى المستقرة التي تشكل العناصر وتمثل الأساس للكيمياء والبيولوجيا. وبشكل مشابه، لو كانت الكتلة الثقالية للبروتون مختلفة بمقدار ملحوظ ، لما كانت هناك نجوم تُصنع فيها تلك النوى ، ولو كان التوسع البدئي للكون أقل قليلا أو أكثر قليلا، لكان الكون قد انهار على نفسه قبل أن تكون تلك النجوم قد نشأت، أو لتوسع بسرعة لاتسمح للنجوم بالتشكل من خلال التكاثف الثقالي.

وبالفعل، ذهب بعضهم بعيدا إلى حد إعطاء هذه القيود على الشروط الحدية البارامترات صفة مبدأ، هو ***المبدأ البشري*** الذي ينص على *أن الأشياء على ما هي عليه لأننا موجودون*. وتبعا لإحدى صيغ هذا المبدأ ، هناك عدد هائل جدا من العوالم المنفصلة ذات الشروط البدئية وقيم المعاملات الفيزيائية المختلفة. ومعظم هذه العوالم لايوفر الشروط الملائمة لتطور البنى المعقدة اللازمة للحياة الذكية؛ لكن في عدد ضئيل منها، حيث تتوفر شروط ومعاملات مشابهة لتلك الموجودة في عالمنا، سوف يُتاح للحياة الذكية أن تتطور، ومن ثم تسأل: لماذا كان الكون كما نراه ؟ إن الجواب طبعا هو أنه لو لم يكن الكون كذلك، لما كان هناك من يطرح هذا السؤال.

يوفر المبدأ البشري نوعا من التفسير لكثير من العلائق الرقمية غير المألوفة التي لوحظت فيما بين المعاملات الفيزيائية المختلفة. لكنه غير مُرض تماما؛ فالمرء لايستطيع إلا أن يشعر بأن هناك تفسيرا ما أكثر عمقا. كذلك، لايمكن لهذا المبدأ الانطباق على مناطق الكون جميعها. فمنظومتنا الشمسية مثلاً هي بالتأكيد متطلب مسبق لوجودنا، ومثلها الجيل الأقدم من النجوم القريبة التي تمكنت فيها العناصر الثقيلة من التشكل بالتركيب النووي . وقد تكون مجرتنا برمتها ضرورية لنا. لكن لايبدو أن هناك أي ضرورة لوجود المجرات الأخرى، ناهيك عن ملايين الملايين منها والتي نراها موزعة بتجانس تقريبا عبر الكون المنظور. إن هذا التجانس على النطاق الواسع للكون يجعل من الصعب الاعتقاد بأن بنية الكون تتحدد بشيء هامشي كالبنية الجزيئية المعقدة على كوكب ثانوي صغير يدور حول نجم متوسط الحجم في التخوم الخارجية لمجرة حلزونية عادية جدا.

إذا كنا لن نلجأ إلى المبدأ البشري، فإننا بحاجة إلى نظرية موحدة ما تأخذ بالحسبان الشروط البدئية للكون ولقيم المعاملات الفيزيائية المختلفة. إلا أنه من الصعب جدا التفكير دفعة واحدة بنظرية كاملة لكل شيء (على الرغم من أن هذا لا يمنع بعضهم من ذلك، فالبريد يحمل إلي نظريتين أو ثلاثا من هذا النوع في كل أسبوع). إن ما نقوم به في الواقع هو البحث عن نظريات جزئية تصف حالات يمكن فيها إغفال بعض التفاعلات أوتقريبها على نحو بسيط. في البداية ، نجزئ المحتوى المادي للكون إلى قسمين : ***مادة***، وهي جسيمات كالكواركات والالكترونات وسواها، و ***قوى*** كالثقالة والكهرطيسية ... إلخ. وتوصف جسيمات المادة بحقول ذات ***تدويم*** (سبين) مقداره من مضاعفات النصف، كما تخضع إلى ***مبدأ باولي*** في الاستبعاد الذي يمنع وجود أكثر من جسيم واحد من نوع ما في حالة ما. وهذا هو السبب في وجود الأجسام الصلبة التي لاتنهار منقبضة لتغدو نقطة ولا تُشَع بعيدا إلى اللانهاية. إن المبادىء تقسم المادة إلى مجموعتين : ***الهادرونات*** المكونة من ***الكواركات***، ***واللبتونات*** التي تضم ماتبقى.

تنقسم القوى، تبعا للظواهر التي ترتبط بها، إلى أربعة أنواع، وهي وفقا لترتيب شداتها كما يلي: ***القوى النووية الشديدة***، وهي تتفاعل مع الهادرونات فقط، و ***القوى الكهرطيسية*** (الكهربائية المغناطيسية)، وتمثّل التفاعل بين الهادرونات واللبتونات المشحونة كهربائياً؛ ***والقوى النووية الضعيفة***، وتتفاعل مع الهاردونات واللبتونات جميعها؛ وأخيراً، ***قوة الثقالة***، وهي الأضعف بين القوى السابقة جميعها وتتفاعل مع كل شيء. وتمثل التفاعلات بحقول لها تدويم ذو قيم صحيحة، لكنها لاتخضع إلى مبدأ باولي في الاستبعاد، أي يمكن أن يكون فيها كثير من الجسيمات في الحالة نفسها. وفي حالة الكهرطيسية والثقالة، يكون التفاعل طويل المدى مكانيا، مما يعني أن الحقول الناجمة عن عدد كبير من الجسيمات يتراكم بعضها مع بعض لإعطاء حقل يمكن كشفه على مسافات كبيرة. ولهذا السبب، جرى تطوير نظريات هاتين القوتين أولا : ***الثقالة*** من قبل نيوتن في القرن السابع عشر، ***والكهرطيسية*** من قبل ماكسويل في القرن التاسع عشر . إلا أن هاتين النظريتين لم تكونا متوافقتين من ناحية المبدأ، لأن نظرية نيوتن لا تتبدل إذا افتُرِضت أي سرعة ثابتة متجانسة لكامل المنظومة، بينما حددت نظرية ماكسويل سرعة مفضلة، هي سرعة الضوء. وفي نهاية المطاف، تبين أن النظرية التي يجب تعديلها هي نظرية الثقالة لنيوتن لكي تكون متوافقة مع خصائص عدم

التبدل في نظرية ماكسويل. وتحقق ذلك التوافق بواسطة نظرية ***النسبية العامة*** التي صاغها آينشتاين في عام ١٩١٥.

تدعى نظرية النسبية العامة لآينشتاين ونظرية التحريك الكهربائي لماكسويل بالنظريات التقليدية، بمعنى أنها تتضمن مقادير قابلة للتغير المستمر ويمكن من حيث المبدأ قياسها بالدقة التي نريدها. لكن مشكلة برزت لدى محاولة استخدام هاتين النظريتين لبناء نموذج للذرة. فقد تم اكتشاف أن الذرة تتكون من نواة صغيرة ذات شحنة كهربائية موجبة تحيط بها غيمة من الالكترونات ذات الشحنة الكهربائية السالبة. وكان الافتراض الطبيعي هو أن الالكترونات تدور حول النواة، على النحو الذي تدور فيه الأرض حول الشمس . لكن النظرية التقليدية (نظرية ماكسويل هنا) تتنبأ بأن الالكترونات سوف تُشِع موجات كهرطيسية بسبب دورانها، وهذه سوف تحمل بدورها طاقة تنتشر خارج الذرة، الأمر الذي سيدفع بالالكترونات إلى التهاوي حلزونيا على النواة، مسببة بذلك انهيار الذرة.

تم تجاوز هذه المشكلة من خلال أعظم إنجاز تم تحقيقه في الفيزياء النظرية في القرن العشرين، ألا وهو اكتشاف ***نظرية الكم***. إن المقولة الأساسية لهذه النظرية هي ***مبدأ الارتياب*** لهايزنبرغ، ومفاده أنه لا يمكن قياس بعض أزواج المقادير بالدقة المطلقة لكل منهما في الوقت نفسه، ومثال ذلك عزم الجسيم وموضعه. ففي حالة الذرة، هذا يعني أنه لايمكن للالكترون وهو في أخفض سويات طاقته أن يكون في حالة سكون، وإلا كان موضعه معرَّفا تماما (في النواة) وكانت سرعته معرَّفة تماما (تساوي الصفر) . بدلا من ذلك ، يجب أن يكون كلٌّ من الموضع والسرعة مشوَّشَيْن بنوع من التوزع الاحتمالي حول النواة. وفي هذه الحالة، لايستطيع الالكترون إشعاع طاقة على شكل أمواج كهرطيسية لعدم وجود سوية طاقة أدنى يذهب إليها. لقد جرى تطبيق ميكانيك الكم في العشرينيات والثلاثينيات من القرن العشرين بنجاح عظيم على منظومات كالذرات والجزيئات التي تمتلك عددا محددا من درجات الحرية. لكن الصعوبات برزت عندما جرت محاولة لتطبيقه على الحقل الكهرطيسي ذي العدد اللانهائي من درجات الحرية، حيث ثمة درجتان لكل نقطة من ***الزمكان*** (الكائن الرباعي الأبعاد المكون من الزمن والمكان). يمكن للمرء اعتبار درجات الحرية هذه كمهتزات لكل منها موقعه وعزمه الخاصان به. لايمكن للمهتز أن يكون في حالة سكون، وإلا كان له عندئذ موقع

وعزم محددان تماما. بدلا من ذلك، يجب أن يكون لكل مهتز مقدار أدنى يسمى *تأرجحات النقطة الصفرية* مع طاقة لاتساوي الصفر. إن طاقات جميع درجات الحرية اللامتناهية العدد سوف تتسبب بأن تصبح الكتلة والشحنة الظاهريتان للالكترون لانهائية.

وفي أواخر الأربعينيات تم تطوير إجرائية تدعى ***الاستنظام*** من أجل تجاوز هذه المعضلة، وتمثلت هذه الإجرائية بالطرح الاعتباطي إلى حد ما لبعض المقادير اللانهائية، مُخلِّفة بذلك بواقي محدودة. وفي حالة التحريك الكهربائي، كان من الضروري القيام بعمليتي طرح من هذا القبيل، واحدة من أجل كتلة الالكترون والأخرى من أجل شحنته. لم تُبنَ عملية الاستنظام هذه على مفاهيم ثابتة أو أسس رياضية، لكنها كانت فعالة تماما من الناحية العملية. وكان نجاحها عظيما في التنبؤ بانزياح ضئيل في بعض خطوط طيف ذرة الهيدروجين، والمعروف ***بانزياح لامب***. لكن ذلك لم يكن مرضيا من وجهة نظر محاولات بناء نظرية كاملة، لأنها لا تتنبأ بقيم البواقي المحدودة الناجمة عن عملية الطرح اللانهائية. ويُرجعنا هذا إلى اللجوء إلى المبدأ البشري لتفسير سبب امتلاك الالكترون الكتلة والشحنة اللتين يتمتع بهما.

خلال الخمسينيات والستينيات، ساد الاعتقاد بأن القوتين النوويتين الشديدة والضعيفة غير قابلتين للاستنظام، بمعنى أنهما تحتاجان إلى عدد لانهائي من عمليات طرح اللانهايات لكي تصبحا محدودتين. وينتج عن ذلك عدد لانهائي من البواقي المحدودة لكن غير المحددة من قبل النظرية. ليس لدى مثل هذه النظريات القدرة التنبؤية لأنه لايمكن لنا قياس جميع المعاملات ذات العدد اللامتناهي. لكن في عام ١٩٧١ ، بيَّن جيرارد تهوفت أن نموذجا موحدا من القوتين الكهرطيسية والنووية الضعيفة ، والذي تم اقتراحه مسبقا من قبل عبد السلام وستيفن واينبرغ، كان فعلا قابلا للاستنظام من خلال عدد محدود من عمليات طرح اللانهايات . ففي نظرية عبد السلام ـــ واينبرغ، ينضم إلى الفوتون - وهو جسيم ذو تدويم يساوي ١ ويحمل التفاعل الكهرطيسي - ثلاثة جسيمات أخرى ذات تدويم يساوي ١ وتدعى W^+ ، W^- ، Z^0 . وقد تم التنبؤ بأن هذه الجسيما ت الأربعة تتصرف على نحو متشابه في ظروف الطاقة العالية جدا. لكن عند الطاقات الصغيرة، يتم اللجوء إلى ظاهرة تدعى ***انكسار التناظر التلقائي*** من أجل

تفسير حقيقة أن للفوتون كتلة سكونية مقدارها الصفر، بينما تمتلك W^+ ، W^- و Z^0 كتلاً كبيرة. وقد تطابقت تنبؤات هذه النظرية عند الطاقات المنخفضة على نحو مدهش مع الملاحظات، وهذا ما قاد الأكاديمية السويدية في عام ١٩٧٩ إلى منح جائزة نوبل في الفيزياء لكل من عبد السلام وواينبرغ وشلدون غلاشو الذي قام أيضاً ببناء نظرية موحدة مشابهة. لكن غلاشو نفسه لاحظ أن لجنة جائزة نوبل قامت عملياً برِهان، إذ لاتوجد لدينا حتى الآن مسرعات جسيمات ذات طاقات كافية لاختبار النظرية في الظروف التي يحصل فيها التوحيد بين القوة الكهرطيسية المحمولة على الفوتون والقوة النووية الضعيفة المحمولة على W^+ و W^- و Z^0 . سوف تكون المسرعات ذات الطاقات الكافية جاهزة في غضون بضع سنين ، ومعظم الفيزيائيين واثقون من أن هذه المسرعات سوف تثبت نظرية عبد السلام - واينبرغ * .

دفع نجاح نظرية عبد السلام - واينبرغ العلماء نحو البحث عن نظرية مشابهة قابلة للاستنظام تخص القوة النووية الشديدة. فقد كان هناك إدراك مبكر لمسألة أنه لايمكن للبروتون وبقية الهادرونات من أمثال ميزون باي أن تكون حقاً جسيمات أساسية، وإنما يجب أن تكون عبارة عن حالات ترابط لجسيمات أخرى تدعى ***الكواركات***. ويبدو أن هذه الجسيمات تمتلك صفة تلفت النظر وهي استحالة الحصول على كوارك منفرد بذاته، وذلك على الرغم من أنها تتحرك حرة تقريباً ضمن الهادرون. فهي تأتي دائماً على شكل مجموعات مؤلفة من ثلاثة كواركات (كالبروتون والنيوترون) أو على شكل أزواج مؤلفة من كوارك مضاد (كميزون باي). ولتفسير ذلك، صُبغت الكواركات بصفات تدعى ***اللون***؛ نؤكد هنا على عدم وجود أي ارتباط لهذه الصفات بإحساسنا العادي باللون، فالكواركات أصغر كثيراً من أن تُرى تحت الضوء المرئي، ونسْبُ الصفات اللونية إليها ليس سوى وسيلة للتفريق بينها . الفكرة هنا هي أن الكواركات تأتي بألوان ثلاثة : أحمر و أخضر و أزرق، إلا أن أي حالة ترابط معزولة، كالهادرون مثلاً، يجب أن تكون دون لون، إما على شكل

---

* في الواقع ، تم رصد W و Z في مخابر CERN في جنيف في عام ١٩٨٣ ، ومُنحت جائزة نوبل أخرى في عام ١٩٨٤ لكارلو روبيا وسيمون فان درمير اللذين قادا الفريق الذي قام بالاكتشاف . أما الشخص الذي نُسي فهو تهوفت .

تركيب من الألوان الثلاثة الأحمر والأخضر والأزرق ، كالبروتون، أو على شكل مزيج من الأحمر ومضاد الأحمر، الأخضر ومضاد الأخضر، الأزرق ومضاد الأزرق، كما في ميزون باي.

يُفترض أن القوة النووية الشديدة بين الكواركات محمولة من قبل جسيمات ذات تدويم مقداره ١، وتدعى هذه الجسيمات ***الغليونات*** (اللاصقات)، على غرار الجسيمات التي تحمل القوة النووية الضعيفة. وتحمل الغليونات أيضا لونا، وتخضع مع الكواركات إلى نظرية قابلة لإعادة الاستنظام تدعى ***الكرومودیناميك الكمومي*** . إن إحدى نتائج إجرائية إعادة الاستنظام هنا هي أن ثابت الترابط الفعال في النظرية يعتمد على الطاقة التي يقاس عندها، وهو يتناقص إلى الصفر عند الطاقات العالية جدا. تدعى هذه الظاهرة ***الحرية المقاربة***، وهي تعني أن الكواركات داخل الهادرون تتصرف كالجسيمات الحرة في التصادمات ذات الطاقة العالية، وهذا يُسهِّل معاملة اضطراباتها بنجاح بوساطة ***نظرية الاضطراب*** . إن تنبؤات هذه النظرية تتطابق نوعيا وعلى نحو معقول مع الأرصاد، إلا أنه لايمكن الادعاء حتى الآن بأنه قد تم التحقق منها من خلال التجربة. فعند الطاقات المنخفضة، تكون قيمة ثابت الترابط الفعال كبيرة جدا، الأمر الذي يسبب فشل نظرية الاضطراب حينئذ. ونأمل أن يكون هذا هو الذي سيفسر بقاء الكواركات محصورة في حالات ترابط لا لون لها، إلا أن ما من أحد يستطيع استعراض ذلك على نحو مقنع حتى الآن.

بعد أن تم الحصول على نظرية قابلة لإعادة الاستنظام من أجل القوة النووية الشديدة ومن أجل القوة النووية الضعيفة والقوة الكهرطيسية، كان من الطبيعي البحث عن نظرية تجمع النظريتين السابقتين. تُدعى النظريات من هذا القبيل باسم فيه شيء من المبالغة وهو ***النظريات الموحَّدة العظمى***، وهذا أمر مضلل لأن هذه النظريات ليست عظمى فعلا، كما أنها ليست موحدة وليست كاملة ، ففيها عدد من المعاملات القابلة لإعادة الاستنظام لكن غير المحددة، ومثالها ثابت الترابط والكتل. ومع ذلك ، قد تكون خطوة ذات مغزى نحو النظرية الموحدة الكاملة. إن الفكرة الأساسية هنا هي أن ثابت الترابط الفعال للقوة النووية الشديدة، والذي يتمتع بقيمة كبيرة عند الطاقات المنخفضة، يتناقص تدريجيا عند الطاقات العالية بسبب الحرية المقاربة. من ناحية أخرى، فإن قيمة ثابت الترابط الفعال في نظرية عبد السلام ـ واينبرغ، والتي تكون صغيرة عند الطاقات

المنخفضة، تتزايد تدريجيا عند الطاقات العالية، لأن هذه النظرية لاتتمتع بالحرية المقاربة. فإذا استقرأنا معدل تزايد وتناقص ثوابت الترابط عند الطاقات المنخفضة وقمنا بتعميمه، وجدنا أن ثابتي الترابط يتساويان عند طاقة مقدارها حوالي ١٠ ^١٥^ جيغا الكترون- فولط (جيغا الكترون - فولط تعني مليار الكترون فولط، وهذه طاقة تعادل الطاقة التي يمكن أن تتحرر لو تحولت ذرة الهيدروجين كليا إلى طاقة. ومن قبيل المقارنة، فإن الطاقة المحررة في التفاعلات الكيميائية كالاحتراق مثلا هي من رتبة الكترون فولط واحد للذرة). وتقترح تلك النظريات أن القوى النووية الشديدة تتوحد مع القوة النووية الضعيفة والقوة الكهرطيسية عند الطاقة الأعلى من ذلك، بينما يحصل انكسار تناظر تلقائي عند الطاقات المنخفضة.

تتجاوز الطاقة التي هي من رتبة ١٠ ^١٥^ جيغا الكترون - فولط إمكانيات جميع التجهيزات المخبرية المتوفرة. فالجيل الحالي من مسرعات الجسيمات يستطيع إنتاج طاقات تبلغ زهاء ١٠ جيغا الكترون-فولط، والجيل القادم سوف ينتج طاقات من رتبة ١٠٠ جيغا الكترون - فولط، وهذه المسرعات ستكون كافية لاستقصاء مجال الطاقة التي تتوحد عندها القوى الكهرطيسية مع القوة النووية الضعيفة بناء على نظرية عبد السلام - واينبرغ، لكنها لن تكفي لاستقصاء مجال الطاقة الهائلة جدا التي تتوحد عندها الكهرطيسية مع القوى النووية الشديدة. ومع ذلك ، يمكن أن توفر النظريات الموحدة العظمى تنبؤات عند الطاقة المنخفضة يمكن اختبارها في المخابر؛ فمثلا، تتنبأ النظريات بأن البروتون ليس مستقرا تماما، بل يتفكك بعد زمن حياة من رتبة ١٠ ^٣١^ سنة. إن الحد الأدنى التجريبي الحالي لهذا الزمن هو ١٠ ^٣٠^ سنة، وسوف يمكن تحسينه.

هناك تنبؤ آخر يمكن اختباره من خلال الرصد والملاحظة، وهو يخص النسبة بين الباريونات والفوتونات في الكون. فقوانين الفيزياء تبدو منطبقة سواء بسواء على *الجسيمات والجسيمات المضادة*؛ وبعبارة أدق، تبقى القوانين نفسها إذا استبدلنا الجسيمات بالجسيمات المضادة، والجسيمات اليمينية الدوران بالجسيمات اليسارية الدوران، مع عكس جهة سرعات جميع الجسيمات. تُدعى هذه النظرية بنظرية *الاستبدال*، وهي تأتي كنتيجة لافتراضات أساسية يجب أن تبقى متضمنة في أي نظرية معقولة. إلا أن الأرض، وحتى المنظومة الشمسية جميعها، مكونة من بروتونات ونيوترونات، دون أي وجود للبروتونات المضادة والنيوترونات المضادة. وفي الواقع، إن

مثل هذا اللاتوازن بين الجسيمات والجسيمات المضادة هو شرط مسبق أيضا لوجودنا، إذ لو كانت المنظومة الشمسية مكونة من مزيج متعادل من الجسيمات والجسيمات المضادة، لأفنت كل منهما الأخرى متحولتين إلى إشعاع. إلا أن الأرصاد تشير إلى غياب إشعاع التفاني هذا، مما يجعلنا نستنتج أن مجرتنا مكونة كليا من الجسيمات وليس من الجسيمات المضادة. ليس لدينا دليل مباشر من أجل المجرات الأخرى، لكن يبدو محتملا أنها مكونة أيضا من الجسيمات، وأن هناك في الكون بمجمله زيادة في الجسيمات على الجسيمات المضادة بنحو جسيم واحد لكل ١٠ ^٨ فوتون. يمكن للمرء تفسير ذلك من خلال اللجوء إلى المبدأ البشري، إلا أن النظريات الموحدة العظمى توفر فعلا آلية ممكنة لتفسير عدم التوازن هذا. فعلى الرغم من أن جميع التفاعلات تبدو لامتغيرة إذا تكونت من C (استبدال الجسيم بالجسيم المضاد)، وP (استبدال اليمينيات باليساريات) وT (عكس اتجاه الزمن)، فإن هناك تفاعلات معروفة ليست لامتغيرة مع T وحدها. وفي الطور المبكر من عمر الكون، حيث كان سهم الزمن دقيق الاتجاه بسبب التوسع، استطاعت التفاعلات إنتاج الجسيمات على نحو يفوق إنتاج الجسيمات المضادة. لكن العدد الذي تنتجه يعتمد كثيرا على النموذج الذي يتم الحساب بموجبه، لذلك، فإن تطابق الحساب مع نتائج الرصد والملاحظة ليس كافيا لإثبات النظريات الموحدة العظمى.

تم حتى الآن تسخير معظم الجهود لتوحيد الفئات الثلاث الأولى من التفاعلات الفيزيائية، وهي القوتان النوويتان الشديدة والضعيفة وقوة الكهرطيسية. أما القوة الرابعة والأخيرة، أي الثقالة ، فقد كانت مهملة. وكان أحد مسوغات ذلك هو أن الثقالة ضعيفة إلى درجة أن آثار الثقالة الكمومية لايمكن أن تكون كبيرة إلا عند طاقات جسيمية تفوق كل ما هو متاح في المسرعات الجسيمية. ومسوغ آخر لذلك هو أن الثقالة لاتبدو قابلة لإعادة الاستنظام. فمن أجل الحصول على بواقي محدودة، يبدو أن على المرء أن يقوم بعدد لانهائي من عمليات طرح اللانهايات، الأمر الذي يؤدي إلى عدد لانهائي من البواقي المحدودة لكن غير المحددة. أما إذا كنا نريد الحصول على نظرية موحدة تماما، فلابد من اشتمالها على الثقالة. علاوة على ذلك، تتنبأ نظرية النسبية العامة، وهي نظرية كلاسيكية، بوجوب وجود متفردات زمكانية يصبح فيها الحقل الثقالي لامتناهي الشدة. يمكن لهذه المتفردات أن تكون قد حصلت في الماضي لدى بدء التوسع الحالي للكون (في الانفجار الأعظم)، وقد تحصل في المستقبل نتيجة انهيار

النجوم ثقاليا، وربما نتيجة انهيار الكون ذاته. قد يشير التنبؤ بالمتفردات إلى احتمال فشل النظرية الكلاسيكية نفسها، لكن لايبدو أن هناك سببا لحدوث هذا الفشل قبل أن يصبح الحقل الثقالي شديدا بما يكفي لجعل آثار الثقالة الكمومية مهمة. لذلك، فإن النظرية الكمومية للثقالة ستكون جوهرية إذا كنا نريد وصف الكون البدئي، ثم إعطاء تفسير ما للشروط البدئية دون اللجوء إلى المبدأ البشري.

كما نحتاج إلى نظرية من هذا القبيل أيضا إذا أردنا الإجابة عن السؤال التالي : هل للزمن بداية حقا، وربما نهاية أيضا، كما تنبأت به نظرية النسبية العامة، أم أن المتفردات في الانفجار الأعظم والانقباض الأعظم تتفشى بطريقة ما من خلال الآثار الكمومية ؟ إنه لمن الصعب جدا إعطاء مثل هذا السؤال معنى محددا تماما لأن البنى الأساسية للزمان والمكان نفسيهما تخضع لمبدأ الارتياب. إن اعتقادي الشخصي هو احتمال أن تبقى المتفردات، مع إمكانية الذهاب إلى ما وراءهامن خلال وسائل رياضية معينة. لكن هذا سوف يعني حينئذ النهاية لأي مفهوم شخصي للزمن يرتبط بالوعي أو بالمقدرة على إجراء القياسات.

ماهي احتمالات العثور على نظرية كمومية للثقالة وتوحيدها مع الفئات الثلاث الأخرى من التفاعلات ؟ تبدو أفضل الآمال كامنة في تطوير نظرية النسبية العامة لما يدعى نظرية ***الثقالة الفائقة*** . ففي هذه النظرية ، يرتبط الغرافيتون، وهو جزيء ذو تدويم مقداره ٢ ويحمل التفاعل الثقالي، مع عدد من الحقول الأخرى ذات التدويم الأدنى، من خلال مايسمى ***تحويلات التناظر الفائق***. إن لمثل هذه النظرية مزية كبرى تكمن في تخلصها من التفريق القديم بين ***المادة*** المتمثلة بجسيمات ذات تدويم مقداره نصفٌ واحد، ***والتفاعلات*** المتمثلة بجسيمات ذات تدويم مقداره عدد صحيح. كما أن لها فائدة عظيمة تتجلى في إفناء كثير من اللانهايات الناجمة عن نظرية الكم بعضها لبعض. لكن ليس معروفاً حتى الآن ما إذا كانت جميه اللانهايات تتفانى لتعطي نظرية محدودة خالية من أي عمليات طرح للانهايات. نأمل أن يتحقق ذلك لأنه يمكن عندئذ البرهان على أن النظريات التي تشتمل على الثقالة هي إما محدودة أو أنها غير قابلة لإعادة الاستنظام؛ بكلمات أخرى، إذا كان على المرء القيام بعمليات طرح لانهايات، سيتعين عليه القيام بعدد لانهائي منها، وهو أمر ينجم عنه عدد لانهائي من البواقي غير المحددة. لذلك، إذا تبين أن جميع اللانهايات في نظرية الثقالة الفائقة يفني

بعضها بعضا، سنحصل على نظرية لاتُوحد بين جميع جسيمات المادة والتفاعلات فحسب، بل تكون كاملة أيضا من حيث أنها لاتحتوي على أي معاملات إعادة استنظام غير محددة.

على الرغم من أنه ليس لدينا نظرية كمومية محكمة للثقالة، ناهيك عن النظرية التي توحدها مع القوى الفيزيائية الأخرى، فإن لدينا فكرة عن بعض سماتها. تتعلق إحدى هذه السمات بحقيقة تأثير الثقالة في البنية النسبية للزمكان، بمعنى أن الثقالة تحدد الأحداث التي يمكن أن ترتبط سببيا معا. ومثال ذلك في النظرية الكلاسيكية للنسبية العامة يأتي من الثقب الأسود الذي يمثل منطقة من الزمكان يكون فيها الحقل الثقالي على درجة من الشدة تمنع الضوء أو أي شيء آخر من الهروب منها إلى العالم الخارجي. يسبب الحقل الثقالي الشديد بجوار الثقب الأسود خلق أزواج من الجسيمات والجسيمات المضادة، فيسقط أحد عنصري الزوج في الثقب الأسود بينما يفر الآخر إلى اللانهاية. عندئذ يبدو الجسيم الفار وكأنه قد أُشع من الثقب ذاته. ويستطيع المراقب البعيد عن الثقب الأسود قياس الجسيمات الصادرة، لكنه لايستطيع تحديد ترابطها مع تلك التي تسقط في الثقب لأنه لايستطيع رصدها. هذا يعني أن الجسيمات الصادرة تمتلك درجة إضافية من العشوائية أو اللاتنبؤية زيادة على ماهو مرتبط عادة بمبدأ الارتياب. ففي الحالات العادية، ينص مبدأ الارتياب على أنه يمكن التنبؤ بدقة تامة بموقع الجسيم أو بسرعته، وبدقة أقل بكليهما معا، وهذا ينطوي على أن قدرتنا على القيام بالتنبؤات الدقيقة قد انخفضت إلى النصف. أما في حالة الجسيمات الصادرة عن الثقب الأسود، فإن حقيقة أن المرء لايستطيع رصد مايحصل داخل الثقب تعني أنه من غير الممكن التنبؤ بدقة، لابمواقع الجسيمات الصادرة ولابسرعاتها، وكل مايمكن أن يُعطى هنا هو احتمالات أن الجسيمات سوف تشع وفقا لأنماط معينة.

لذلك يبدو أننا لن نكون قادرين على القيام بتنبؤات إلا على أسس إحصائية فقط، حتى ولو حصلنا على نظرية موحدة. كذلك ربما يتعين علينا التخلي عن فكرة أن هناك كونا وحيدا، هو الذي نراه. فقد يتعين علينا تبني صورة تحتوي على مجموعة من الأكوان الممكنة المحكومة بتوزع احتمالي ما. هذا يمكن أن يفسر سبب ابتداء الكون في الانفجار الأعظم بتوازن حراري تام، لأن التوازن الحراري يتطابق مع العدد الأكبر من

التشكيلات في سوية الصغريات، وبالتالي مع الاحتمال الأعظم. قال بانغلوس، فيلسوف فولتير: نحن نعيش في العالم الأكثر احتمالا من بين جميع العوالم الممكنة.

ماهي احتمالات إيجاد نظرية موحدة كاملة في المستقبل غير البعيد ؟ في كل مرة وسَّعنا فيها أرصادنا لتشمل مجالات أبعاد أصغر وطاقات أعلى، اكتشفنا شريحة جديدة من البنى. ففي بداية القرن العشرين، أظهر اكتشاف الحركة البراونية عند طاقة جسيم تساوي ٣ * ١٠ ^-٢ الكترون-فولط أن المادة ليست مستمرة بل هي مكونة من ذرات. وبعدئذ بمدة وجيزة ، تم اكتشاف أن هذه الذرات - التي زُعم أنها غير قابلة للتجزئة - مكونة من الكترونات تدور حول نوى بطاقات من رتبة بضعة الكترون-فولط . ووجد بالمقابل أن النوى مكونة مما دُعي بالجسيمات الأساسية، وهي البروتونات والنيوترونات، التي تجمعها معا قوى نووية من رتبة الـ ١٠ ^٦ الكترون-فولط. وكان الفصل الأخير من هذه الحكاية هو اكتشافنا أن البروتون والنيوترون مكونان من كواركات تجمعها معا روابط من رتبة ١٠ ^٩ الكترون-فولط. إنه هذا التقدم الكبير الذي أحرزناه في الفيزياء النظرية هو مايستلزم الآن آلات ضخمة مع مبالغ مالية هائلة من أجل إجراء تجربة لانستطيع التنبؤ بنتيجتها.

قد تشير خبرتنا السابقة إلى وجود سلسلة لانهائية من الشرائح البنيوية عند الطاقات الأعلى فالأعلى (كانت فكرة التتابع اللامتناهي لصندوق ضمن صندوق عقيدة رسمية في الصين إبان حكم عصابة الأربعة). لكن يبدو أن الثقالة قد توفر الحد الأدنى في هذا التتابع ، وذلك عند أبعاد صغيرة من رتبة ١٠ ^-٣٣ سم أو عند طاقات هائلة من رتبة ١٠ ^٢٨ الكترون-فولط. ففي مجال الأبعاد الأصغر من ذلك، يتوقع أن يتوقف الزمكان عن التصرف ككائن مستمر ناعم وأن يتخذ بنية فقاعية بسبب الاضطرابات الكمومية في الحقل الثقالي.

هناك منطقة واسعة جدا لم يجرِ استقصاؤها بين حدود إمكانياتنا التجريبية الحالية المقدرة بزهاء ١٠ ^١٠ الكترون- فولط وحدود الانقطاع الثقالي عند ١٠ ^٢٨ الكترون-فولط. لذلك يبدو أن من الغباء أن نفترض - كما تفعل النظريات الموحدة العظمى - أن هناك شريحة أو شريحتين من البنى فقط في هذه المسافة الفائقة الاتساع . إلا أن هناك أسبابا للتفاؤل. فحاليا على الأقل، يبدو توحيد الثقالة مع القوى الفيزيائية الأخرى في نظرية ما للثقالة الفائقة ممكنا، ويبدو أن هناك عددا صغيرا من هذه النظريات. وأضخم

نظرية من هذا النوع هي ما يُدعى ***الثقالة الفائقة الموسعة*** $N = 8$. تشتمل هذه النظريـة علـى غرافيتـون واحـد وثمانيـة جسـيمات ذات تدويـم مقـداره $\frac{-3}{2}$ ، يُدعـى مفردهـا الغرافيتونو، وثمانية وعشرين جسيماً بتدويم مقداره ١، وستة وخمسـين جسـيماً بتدويـم مقداره $\frac{-1}{2}$، وسبعين جسيماً بتدويم يساوي الصفر. وعلى الرغم من كبر هذه الأرقـام فإنها لاتبدو كافية لتغطية جميع الجسيمات التي نرصدها في التفاعلين الشديد والضعيف؛ فمثلاً ، يوجد في نظرية N = 8 ثمانية وعشرون جسيماً تدويمها يساوي ١ ، وهذه كافية لاحتسـاب الغليونـات (اللاصقـات) الـتي تحمـل القـوة النوويـة الشـديدة واثنـين مـن الجسيمات الأربعة التي تحمل القوة النووية الضعيفـة ، لكـن دون الاثنـين الآخريـن . إن هذا يفرض علينا الاعتقـاد بـأن كثيراً مـن الجسـيمات المرصـودة أو جُلَّهـا كالغليونـات والكواركات ليست أساسية كما تبدو حاليـاً ، وإنمـا هـي حـالات مترابطـة لجسـيمات N = 8 الأساسية . ليس محتملاً أن نحصل على مسرعات ذات طاقات كافية لسبر أغـوار هذه البنى المركبة في المستقبل المنظور، أو حتى غير المنظور، إذا استقرأنا ذلـك المسـتقبل على ضوء الواقع الاقتصادي الحالي. مع ذلك، فإن حقيقـة نشـوء حـالات الـترابط هـذه عن نظرية N = 8 المحـددة تمامـاً يجـب أن تمكننـا مـن القيـام بعـدد مـن التنبـؤات القابلـة للاختبار عند طاقات متاحة لنا الآن أو ستتاح لنا في المستقبل القريب. والحالة قد تكون عندئذ مشابهة لحالة نظرية عبد السلام - واينبرغ الـتي وحـدت الكهرطيسـية مـع القـوة النوويـة الضعيفـة. لقـد تطـابقت تنبـؤات هـذه النظريـة عنـد الطاقـات المنخفضـة مـع الملاحظات التجريبية على نحو جيد، مما جعل النظرية الآن مقبولـة عمومـاً، علـى الرغـم من أننا لم نتوصل بعد إلى الطاقات التي يحصل عندها التوحيد.

يجب أن يكون ثمة شيء مميز جداً حول النظرية التي تصف الكون. لمـاذا تظهـر هـذه النظرية إلى الحياة بينما تقبع النظريات الأخرى في أذهان مخترعيها فقـط ؟ تدَّعـي نظريـة الثقالة الفائقة N = 8 أن لها خصوصيتها ؛ فهي قد تبـدو أنهـا النظريـة الوحيـدة الـتي : ١ ـ تتضمـن أربعـة أبعـاد، ٢ ـ وتشـتمل علـى الثقالـة، ٣ ـ و تخلـو مـن أي طـرح للانهايات لأنها محدودة.

لقد بينت آنفا أن الصفة الثالثة ضرورية إذا أردنا أن تكون لدينا نظرية دون معاملات، كما أن من الصعب احتساب الصفتين الأولى والثانية دون اللجوء إلى المبدأ البشري. لكن يبدو أن هناك نظرية متماسكة تفي بالصفتين ١و٣، إلا أنها لاتشتمل على الثقالة. وفي مثل ذلك الكون قد لايكون هناك مايكفي من قوى التجاذب لتجميع المادة معاً في تكتلات قد تكون ضرورية لتطور البنى المعقدة. أن يكون الزمكان رباعي الأبعاد، هي مسألة تعتبر عادة خارج مملكة الفيزياء، إلا أن هناك حجة جيدة حول هذه المسألة أيضاً في المبدأ البشري. فثلاثة أبعاد للزمكان - اثنان للمكان وواحد للزمن - ليست كافية من أجل نشوء أي ممتعضٍ معقد؛ ومن ناحية أخرى، لو كان هناك أكثر من ثلاثة أبعاد مكانية، لأصبحت مدارات الكواكب حول الشمس ومدارات الالكترونات حول النوى غير مستقرة دافعة بالأجسام الدائرة حلزونياً نحو الداخل. وتبقى إمكانية وجود أكثر من بعد زماني واحد، إلا أنني لاأستطيع تصور كون على ذلك النحو.

لقد افترضت ضمناً حتى الآن أن هناك نظرية نهائية، فهل هناك حقاً مثل هذه النظرية ؟ هناك على الأقل ثلاث إمكانيات :

١ ـ هناك نظرية موحدة كاملة .

٢ ـ ليست هناك نظرية نهائية، بل سلسلة لانهائية من النظريات، بحيث يتم التنبؤ بفئة معينة من الملاحظات من خلال النظرية الموافقة.

٣ ـ ليست هناك أي نظرية، ولايمكن وصف الملاحظات أو التنبؤ بها فيما وراء حدود معينة، بل تكون تلك الملاحظات اعتباطية تماماً.

لقد استُخدمت وجهة النظر الثالثة ضد العلماء في القرنين السابع عشر والثامن عشر: كيف يمكن لهم صياغة قوانين قد تحد من حرية الله في تغيير رأيه ؟ ومع ذلك، فقد صاغ العلماء القوانين وأفلحوا بها. وفي أيامنا الحديثة، تم حذف وجهة النظر الثالثة من خلال تضمينها في خطتنا : فميكانيك الكم هو أصلاً نظرية حول ما لانعلم ولانستطيع التنبؤ به .

أما الإمكانية الثانية، فتُرجع إلى صورة سلسلة لامتناهية من البنى عند طاقات أعلى فأعلى. وكما قلت آنفاً، لايبدو هذا أمراً محتملاً، لأننا نتوقع وجود انقطاع عند طاقة

بلانك المقدرة بـ ١٠ ^٢٨ الكترون-فولط. ويُبقينا هـذا مع الإمكانيـة الأولى، حيـث أن نظرية الثقالة الفائقة N = 8 هي المرشح الوحيد المنظور حاليا *. يُحتمل أن يكـون هنـاك عدد من الحسابات الحاسمة خلال السنوات القليلة القادمة التي يمكنها أن تُري أن النظرية ليست صالحة. لكن إذا نجحت النظرية في هذه الاختبـارات، قـد تكـون أمامنـا سنوات قبل أن نطور الطرائق الحسـابية الـتي ستمكننا مـن إجـراء التنبـؤات، وقبـل أن نسـتطيع احتساب الشروط الأوليـة للكـون والقوانـين الفيزيائيـة المحليـة. هـذه هـي المسـائل الـتي سيواجهها الفيزيائيون النظريـون خـلال السـنوات العشـرين المقبلـة. وهنـا يمكننـا إنهـاء الحديث بملاحظة مُنذرة، وهي أنه قد لايتوفر لهم وقت أطول لحلهـا. فالحواسـيب حاليـا هي أدوات مساعدة جيدة في البحث، ومازالت تُـدار من قبل العقل الإنساني. لكـن إذا استقرأنا معدل تطورها السريع في الآونة الأخيرة وأسقطناه على المستقبل القريب، يبـدو أنه يمكنها أن تـأخذ بزمـام البحـث كليـة في الفيزيـاء النظريـة. عندئـذ، ستكون نهايـة الفيزيائيين النظريين منظورة إن لم تبلغ الفيزياء النظرية نهايتها.

---

* تبدو نظريات الثقالة الفائقة النظريات الوحيدة المشتملة على الخواص ١ و ٢ و ٣ ، لكن منذ أن تمت كتابة هذه المقالة ، كانت هناك موجة عظمى من الاهتمام بما يُدعى بنظريات الأوتار الفائقة . وفي هذه النظريـات، الأشياء الأساسية ليست جسيمات نقطية وإنما أشياء ذات امتداد كحلقات الأوتار الصغيرة. والفكرة هـي أن مايبدو لنا جسيما ليس إلا اهتزازا في تلك الحلقة. ويبدو أن نظريات الأوتـار الفائقـة هـذه تختزل إلى نظريـة الثقالة الفائقة عند حدود الطاقات المنخفضة، لكن حتى الآن، لم يكن هناك سوى نجـاح ضئيـل في الحصـول على تنبؤات قابلة للاختبار تجريبيا من نظرية الأوتار الفائقة.

٨ - أحـــلام آينشتاين *

في السنوات الأولى من القرن العشرين، غيرت نظريتان جديدتان طريقة تفكيرنا كليا حول المكان والزمن، وحول الحقيقة ذاتها. وبعد أكثر من خمس وسبعين سنة، مازلنا نقوم بدراسة مضامينهما ونحاول دمجهما معا في نظرية موحدة يمكنها وصف كل شيء في الكون. هاتان النظريتان هما نظرية النسبية العامة ونظرية الكم. تتعامل نظرية النسبية العامة مع المكان والزمان وكيفية انحنائهما والتوائهما على المدى الواسع تحت تأثير المادة والطاقة في الكون. أما ميكانيك الكم، فيتعامل مع عالم الصغريات، وهو يشتمل على ما يُدعى *مبدأ الارتياب* الذي ينص على أن من غير الممكن قياس كلٍ من موضع الجسيم وسرعته بدقة تامة في الوقت نفسه. فكلما ازدادت الدقة في قياس أحد المقدارين تناقصت في قياس الآخر. إن هناك دائما عنصرا من الارتياب أو عدم اليقين، وهذا يؤثر على تصرفات المادة في المجال الصغري على نحو جوهري . كان آينشتاين مسؤولا بمفرده عن النسبية العامة ، كما أنه لعب دورا هاما في تطوير ميكانيك الكم ، الذي عبر عن مشاعره تجاهه في جملته الشهيرة *إن الله لا يلعب النرد* .

سأحاول في هذه المقالة أن أنقل لكم الأفكار الأساسية الكامنة وراء هاتين النظريتين، إضافة إلى توضيح سبب عدم ارتياح آينشتاين لميكانيك الكم . كما سأصف بعض الأمور الغريبة التي تبدو أنها تحصل عندما يحاول المرء دمج النظريتين معا . فمنها ما يُشير إلى وجود بداية للزمن ذاته كانت قبل خمسة عشر مليار سنة خلت، وأنه قد يأتي إلى نهاية في لحظة ما من المستقبل . لكن في نوع آخر من الزمن، ليس للكون حدود : فهو لا يُخلق ولايزول بل هو موجود.

سوف أبدأ بنظرية النسبية. تنطبق القوانين الوطنية في مواطنها فقط، أما قوانين الفيزياء فتبقى هي ذاتها في بريطانية والولايات المتحدة واليابان. كما أنها تبقى نفسها على المريخ وفي مجرة المرأة المسلسلة. وليس ذلك فحسب ، بل إن القوانين تبقى نفسها

---

* محاضرة ألقيتها في الدورة النموذجية لشركة NTT Data Communications Systems في طوكيو في شهر تموز من عام ١٩٩١.

على المريخ مهما تكن السرعة التي تتحرك الأشياء بها، كما تكون في القطار وفي الطائرة كما هي بالنسبة لمن يقف في مكان واحد. طبعا ، الشخص الموجود في حالة ساكنة على الأرض يتحرك بسرعة ٣٠ كيلومترا في الساعة حول الشمس. والشمس تتحرك أيضا بسرعة تساوي بضع مئات من الكيلومترات في الثانية حول المجرة، .. وهكذا دواليك. ومع ذلك فإن هذه الحركة لاتغير من قوانين الفيزياء ، فهي ذاتها من أجل الجميع.

لقد كان أول من اكتشف هذه الاستقلالية عن سرعة المنظومة هو غاليليو، الذي طور قوانين حركة الأجسام من أمثال قذائف المدفع والكواكب. إلا أن مشكلة نجمت عندما حاول العلماء توسيع رقعة الاستقلالية عن سرعة الراصد لتشمل القوانين التي تحكم سرعة الضوء. فقد اكتُشف في القرن الثامن عشر أن الضوء لاينتشر آنيا من المنبع إلى الراصد، بل يسير بسرعة معينة تساوي نحو ٣٠٠ ألف كيلومتر في الثانية. لكن، إلامَ نُسبت هذه السرعة ؟ بدا أن ذلك يستلزم وجود وسط ما في الفضاء ينتشر الضوء فيه، ودُعي هذا الوسط بالأثير . فقد كانت الفكرة أن أمواج الضوء تنتشر بسرعة ٣٠٠ ألف كيلومتر في الثانية عبر الأثير، الأمر الذي عنى أن الراصد الساكن بالنسبة للأثير سوف يقيس سرعة الضوء ليجدها ٣٠٠ ألف كيلومتر في الثانية، أما الراصد المتحرك عبر الأثير فسيجد أن سرعة الضوء تقل عن ذلك أو تزيد. وعلى وجه الخصوص، اعتقد أن سرعة الضوء يجب أن تتغير مع حركة الأرض عبر الأثير وهي في مدارها حول الشمس. لكن وفي عام ١٨٨٧ ، أُجريت تجربة بحذر شديد من قبل مايكلسون ومورلي بينت أن سرعة الضوء كانت نفسها دائما. فمهما تكن السرعة التي يتحرك بها الراصد، سوف يجد أن سرعة الضوء هي ٣٠٠ ألف كيلومتر في الثانية.

كيف يمكن لهذا أن يكون صحيحا ؟ كيف يمكن للرصّاد المتحركين بسرعات مختلفة أن يروا الضوء متحركا بالسرعة نفسها ؟ الجواب هو أنه لايمكن أن يكون ذلك صحيحا لو أن أفكارنا العادية عن المكان والزمن كانت صحيحة. لكن آينشتاين بيّن في مقالة شهيرة نشرها في عام ١٩٠٥ أنه يمكن لهؤلاء الرصّاد أن يروا الضوء متحركا بالسرعة نفسها لو أنهم تخلوا عن فكرة الزمن الكوني الشامل، وتبنوا عوضا عن ذلك فكرة أن لكل منهم زمنه الخاص الذي يقاس بميقاتية يحملها معه. إن الأزمنة المقاسة بواسطة الميقاتيات المختلفة سوف تتطابق معا بدقة إذا كان الرصّاد يتحركون ببطء كلٌّ

بالنسبة للآخرين. لكنها سوف تتباين كثيرا إذا كانت سرعاتهم النسبية كبيرة. وقد لوحظ هذا الأثر فعلا لدى مقارنة ميقاتية على الأرض مع أخرى محمولة على طائرة تجارية، حيث كانت حركة الأخيرة أبطأ قليلا. إن الفوارق بين سرعات الميقاتيات ضئيلة جدا عند معدلات السرعات العادية؛ فلو أردت أن تضيف إلى عمرك ثانية واحدة لاستلزم ذلك أن تطير حول الأرض أربعمئة مليون مرة؛ ولو فعلت ذلك لنقص عمرك بمقدار يزيد عن الثانية كثيرا بسبب وجبات الطعام التي تقدم في الطائرات.

كيف يمكن لأشخاص لهم أزمنتهم الخاصة أن يروا الضوء يسير بسرعة واحدة ؟ إن سرعة نبضة من الضوء تُعطى بالمسافة المقطوعة بين حدثين، مقسومة على الفترة الزمنية الفاصلة بين الحدثين (الحدث هنا هو شيء يحصل في نقطة معينة من المكان وفي لحظة محددة من الزمن). والأشخاص المتحركون بسرعات مختلفة لايتفقون على المسافة بين حدثين. فمثلا، إذا قست حركة سيارة تسير على طريق عام، ستجد أنها تحركت بمقدار ١ كم فقط، لكن بالنسبة لامرىء على الشمس، ستكون السيارة قد تحركت بمقدار ١٨٠٠ كم، لأن الأرض تتحرك في أثناء حركة السيارة أيضا. ولأن الناس المتحركين بسرعات مختلفة يقيسون مسافات مختلفة بين الأحداث، يجب عليهم قياس فترات زمنية مختلفة إن كان عليهم الاتفاق على سرعة الضوء.

تُدعى نظرية آينشتاين الأصلية في النسبية - والتي اقترحها في مقالة كتبها في عام ١٩٠٥ - ***نظرية النسبية الخاصة***. تصف هذه النظرية كيفية حركة الأشياء في الزمان والمكان، وهي تُري أن الزمن ليس مقدارا كونيا شاملا ذا وجود مستقل بذاته منفصل عن المكان. فالماضي والمستقبل ماهما سوى اتجاهين، كالأعلى والأسفل، واليمين واليسار، والخلف والأمام، في شيء يدعى ***الزمكان*** (الزمان ـ المكان). لكنك لاتستطيع أن تتحرك إلا في اتجاه المستقبل في الزمن، مع إمكانية أن تذهب صانعا معه زاوية صغيرة. ولهذا السبب، يمكن للزمن أن يمر بمعدلات مختلفة.

لقد جمعت نظرية النسبية الخاصة الزمن مع المكان، لكنهما بقيا فيها المحيط الثابت الذي تحصل فيه الأحداث. فأنت تستطيع اختيار الحركة التي تريدها في مسارات مختلفة في الزمكان، لكن ليس ثمة شيء يمكنه أن يعدِّل ذلك المحيط. إلا أن الأمر تغير عندما صاغ آينشتاين نظرية النسبية العامة في عام ١٩١٥، فقد أتته فكرة ثورية مفادها أن الثقالة ليست قوة تؤثر في المحيط الثابت للزمكان، بل هي تَشوُّهُ الزمكان نفسه، الذي

ينجم عن الكتلة والطاقة الموجودتين فيه . إن قذائف المدافع والكواكب تحاول الحركة على خطوط مستقيمة عبر الزمكان ، لكن بما أن الزمكان محدب وملتوٍ بدلا من أن يكون مستويا، تبدو مساراتها منحنية. إن الأرض تحاول التحرك على خط مستقيم في الزمكان، لكن الانحناء في الزمكان الناجم عن كتلة الشمس يجعلها تسير في خط دائري حول الشمس. وعلى نحو مشابه، يحاول الضوء السير على خط مستقيم، لكن تحدب الزمكان بالقرب من الشمس يجعل الضوء الوارد من النجوم البعيدة ينحرف إذا مر بالقرب من الشمس. عادة لايمكن للمرء أن يرى النجوم الموجودة باتجاه الشمس تقريبا في السماء؛ أما في أثناء الكسوف، وعندما ينحجب معظم ضوء الشمس خلف القمر، يمكن للمرء رصد الضوء الوارد من تلك النجوم. لقد وضع آينشتاين نظريته في النسبية العامة خلال الحرب العالمية الأولى، عندما لم تكن الظروف ملائمة للأرصاد العلمية؛ لكن بعد الحرب مباشرة، رصدت بعثة علمية بريطانية كسوف عام ١٩١٩ وأثبتت صحة تنبؤات النسبية العامة: ليس الزمكان مسطحا، بل هو محدب بواسطة المادة والطاقة الموجودتين فيه.

وكان هذا أعظم نصر لآينشتاين، فقد غيَّر اكتشافه طريقة تفكيرنا حول الزمان والمكان كلية. فلم يبقيا الخلفية المحايدة التي تدور فيها الأحداث، وأصبح غير جائز لنا التفكير بامتداد الزمان والمكان إلى الأبد، دون التأثر بما يحصل في الكون. لقد أصبحا مقدارين ديناميكيين يؤثران في الأحداث التي تدور فيهما ويتأثران بها .

إن إحدى الخصائص الهامة للكتلة والطاقة هي أنهما مقداران موجبان دائما. وهذا هو السبب في أن الثقالة تقوم بجذب الأجسام بعضها نحو بعض. فمثلا، قوة الثقالة في الأرض تجذبنا إليها حتى في الجوانب المتقابلة منها، ولهذا لايسقط الناس في استراليا عن الأرض. وعلى نحو مشابه ، تقوم قوة الثقالة في الشمس بالحفاظ على الكواكب في مداراتها، وتدرأ انفلات الأرض وذهابها في ظلمات الفضاء الكوني. ووفقا للنسبية العامة، تعني حقيقة أن الكتلة موجبة دائما أن الزمكان متحدب على نفسه، كسطح الأرض. ولو كانت الكتلة سالبة، لتحدب الزمكان بطريقة أخرى كسرج الحصان. لكن هذا التحدب الموجب للزمكان، والذي يعكس حقيقة أن الثقالة جذابة، مثَّل مشكلة كبيرة لآينشتاين. فقد كان الاعتقاد السائد آنئذ هو أن الكون ساكن؛ فإذا كان

المكان، والزمان على وجه الخصوص، متحدبين على نفسيهما، كيف يمكن للكون الاستمرار إلى الأبد باقيا على الحالة نفسها التي هو فيها في الوقت الحاضر ؟

لقد تنبأت معادلات آينشتاين الأصلية في النسبية العامة بأن الكون موجود إما في حالة توسع أو في حالة انقباض. لذلك أضاف آينشتاين إلى معادلاته عنصرا يربط الكتلة والطاقة في الكون مع تحدب الزمكان، ودعاه **العامل الكوني**. وكان لهذا العامل أثر ثقالي تنافري، وبذلك استطاع آينشتاين موازنة جاذبية المادة مع التنافر المتولد عن العامل الكوني. بكلمات أخرى، أفنى التحدب السالب للزمكان الذي أنتجه العامل الكوني التحدب الموجب الناجم عن الكتلة والطاقة في الكون. وبهذه الطريقة أمكن الحصول على نموذج لكون يستمر إلى الأبد على الحالة نفسها. ولو أن آينشتاين أبقى على معادلاته الأصلية دون إقحام العامل الكوني فيها، لاستطاع التنبؤ بأن الكون في حالة توسع أو في حالة انقباض. لكن لم يكن ثمة من يظن أن الكون يتغير مع الزمن حتى عام ١٩٢٩، عندما اكتشف إدوين هَبْل أن المجرات البعيدة تتحرك مبتعدة عنا، أي أن الكون في حالة توسع. وقد وصف آينشتاين العامل الكوني فيما بعد بأنه غلطة عمره الكبرى.

كان إقحام العامل الكوني في المعادلات كعدمه من حيث المشكلة الناجمة عن حقيقة أن المادة تسبب تحدب الزمكان على نفسه، والتي لم تُدرك آنئذ على هذا النحو. فقد عنت أن المادة يمكن أن تحدب منطقة على نفسها إلى درجة تجعلها تنقطع عن بقية الكون، لتغدو مايدعى بالثقب الأسود، الذي يمكن للأشياء أن تسقط فيه، دون أن تستطيع الخروج منه. لكي يستطيع شيء الخروج من الثقب الأسود، يجب أن يسير بسرعة تفوق سرعة الضوء، وهذا غير مسموح به في نظرية النسبية. لذلك تُؤسر المادة في الثقب الأسود وتنهار على نفسها لتصبح في حالة غير معروفة من التكاثف الهائل .

لقد كان آينشتاين قلقا جدا من مضامين هذا الانهيار، ورفض الاعتقاد بأنه قد حصل. لكن روبرت أُبِّنهايمر بيَّن في عام ١٩٣٩ أن النجم القديم ذا الكتلة المساوية لضعف كتلة الشمس لابد أن ينهار عندما يستنفد وقوده النووي بكامله. بعدئذ، جاءت الحرب، وانشغل أُبنهايمر في مشروع القنبلة الذرية، وفقد اهتمامه بالانهيار الثقالي. أما العلماء الآخرون ، فقد كانوا أكثر اهتماما بالفيزياء التي يمكن أن تُدرس على الأرض، ولم يكونوا يثقون بالتنبؤات حول الأقطار النائية من الكون بسبب عدم إمكانية اختبارها من خلال التجربة والرصد. لكن في الستينيات، قاد التطور الكبير

الذي لحق بمدى الأرصاد الفلكية ونوعيتها إلى تجدد الاهتمام بالانهيار الثقالي وبالطور المبكر من عمر الكون. فقد بقي ماتنبأت به نظرية النسبية العامة حيال هذا الأمر غير واضح إلى أن برهنت أنا وروجر بنروز عددا من النظريات التي بينت أن حقيقة تحدب الزمكان على نفسه تنطوي على وجود المتفردات، وهي أماكن يكون فيها للزمكان بداية أونهاية. فقد تكون له بداية في الانفجار الأعظم قبل حوالي خمسة عشر مليار سنة، وقد يبلغ نهاية من أجل نجم ينهار، ومن أجل أي شيء يسقط في الثقب الأسود الذي يخلفه النجم المنهار.

قاد اكتشاف تنبؤ نظرية النسبية العامة بالمتفردات إلى أزمة في الفيزياء، فمعادلات النظرية التي تربط تحدب الزمكان مع توزع المادة والطاقة لايمكن أن تتنبأ بما يأتي من المتفرد، وعلى وجه الخصوص، لاتستطيع النظرية التنبؤ بكيفية بدء الكون عند الانفجار الأعظم. وبذلك، تكون النسبية العامة نظرية غير كاملة؛ فهي تحتاج إلى عنصر إضافي لكي تحدد كيفية بدء الكون وما يحصل عندما تنهار المادة تحت تأثير ثقالتها الذاتية.

يبدو أن العنصر الإضافي اللازم هو ميكانيك الكم . في عام ١٩٠٥ ، وهي السنة نفسها التي نشر فيها آينشتاين مقالته حول النسبية الخاصة، كتب أيضا حول ظاهرة تُدعى *الأثر الكهرضوئي*. فقد لوحظ أنه عندما يسقط الضوء على معدن معين، تنبعث من المعدن جسيمات مشحونة. وكان الأمر المحير في ذلك الأثر هو أن عدد الجسيمات المنبعثة يتضاءل ويتلاشى إذا تضاءلت كثافة الضوء، لكن السرعة التي ينطلق بها كل جسيم تبقى نفسها. وبيَّن آينشتاين أنه يمكن تفسير ذلك إذا لم يكن الضوء مقدارا متغيرا باستمرار، كما كان يفترض الجميع ، بل يأتي على شكل رزم من حجم معين. لقد تم إدخال مفهوم أن الضوء يأتي على شكل رزم، تدعى الكموم، من قبل الفيزيائي الألماني ماكس بلانك قبلئذ بسنوات عدة. لإيضاح الفكرة، ومن قبيل التشبيه، يمكن القول إن كموم الضوء هي كأكياس السكر، فالمرء لايستطيع شراء السكر بالوزن الذي يرغبه، بل بعدد صحيح من تلك الأكياس. لقد استخدم بلانك مفهوم *الكَمّ* لكي يفسر سبب عدم إصدار قطعة من المعدن الساخنة حتى الاحمرار كمية لانهائية من الحرارة. لكنه اعتبر الكم ببساطة حيلة رياضية فحسب، لاتتطابق مع أي شيء في الواقع الفيزيائي. أما مقالة آينشتاين فقد أوضحت أن من الممكن رصد الكموم الضوئية إفراديا. فكل جسيم يُشَع يطابق كمّا من الضوء الذي يصدم المعدن. وقد اعتبر هذا العمل بالإجماع إسهاما

هاما في نظرية الكم مُنح بسببه آينشتاين جائزة نوبل في عام ١٩٢٢ (كان يجب أن يحصل على جائزة نوبل من أجل نظريته في النسبية العامة، لكن فكرة تحدب الزمان والمكان كانت مسألة تخمينية حينئذ وغير محسومة، ولذلك أعطي الجائزة من أجل الأثر الكهرضوئي).

لم تدرك المضامين الكاملة للأثر الكهرضوئي حتى عام ١٩٢٥، عندما أوضح فرنر هايزنبرغ أن من المستحيل قياس موضع الجسيم بدقة. فمن أجل أن ترى موضع الجسيم، عليك إضاءته؛ لكن آينشتاين بيَّن أنه لايمكن استخدام كمية صغيرة جدا من الضوء، بل يجب استخدام كمٍّ واحد منه على الأقل، وهذا الكم سوف يحدث اضطرابا في الجسيم ويتسبب بتحريكه بسرعة ما وباتجاه ما. وكلما كانت دقة قياس الموضع المرغوبة أكبر، وجب استخدام كم ذي طاقة أعلى، الأمر الذي يؤدي إلى اضطراب أشد في الجسيم. بالنتيجة، ومهما فعلت في عملية القياس المطبقة على الجسيم، سيكون جداء الارتياب في موضعه مع الارتياب في سرعته أكبر من قيمة دنيا محددة.

إن مبدأ الارتياب هذا، الذي اكتشفه هايزنبرغ، يشير إلى أنه لايمكن للمرء أن يقيس حالة نظام ما بدقة، وبالتالي لايستطيع أن يتنبأ بما سيحصل له في المستقبل. فكل مايمكن فعله هو التنبؤ باحتمالات النتائج المختلفة فقط. إن عنصر الحظ أو العشوائية هذا، هو ما أقلق آينشتاين. فقد رفض الاعتقاد بأن القوانين الفيزيائية لاتستطيع القيام بتنبؤ محدد لا لبس فيه حول ماسوف يحصل. مع ذلك، ومهما كانت الصيغة التي نعبر فيها عن هذا الأمر، فإن جميع الدلائل تشير إلى أن الظاهرة الكمومية ومبدأ الارتياب أمران لايمكن تفاديهما وأنهما يحصلان في كل مجال من الفيزياء.

تدعى نظرية آينشتاين في النسبية العامة بالنظرية التقليدية، لأنها لاتتضمن في ثناياها مبدأ الارتياب. لذلك وجب إيجاد نظرة جديدة تجمع النسبية العامة مع مبدأ الكم . في معظم الحالات، سيكون الفارق بين هذه النظرية الجديدة ونظرية النسبية العامة التقليدية ضئيلا جدا لأن الارتياب الذي يتأتى عن الآثار الكمومية لا يُلاحظ إلا في المنظومات الصغرية، في حين أن النسبية العامة تتعامل مع بنية الزمكان على مداه الواسع جدا. إلا أن نظريات المتفردات التي برهنت عليها أنا وروجر بنروز تُشير إلى أن الزمكان يمكن أن يصبح متحدبا جدا في المنظومات الصغرية، وعندئذ تكون آثار مبدأ الارتياب هامة جدا وتبدو أنها تقود إلى نتائج غير مألوفة.

يعود جزء من مشكلة آينشتاين مع ميكانيك الكم ومبدأ الارتياب إلى حقيقة أنه كان معتادا على الفكرة السائدة في الحس العام وهي أن لكل نظام تاريخا محددا. فالجسيم يمكن أن يكون إما في مكان ما أو في آخر، ولايمكن أن يكون نصفاً هنا ونصفا هناك. وعلى نحو مشابه، إما أن يكون الحدث، من قبيل نزول رواد الفضاء على القمر، قد حصل أو لم يحصل، إذ لايمكن أن يكون *نصف حصل*. كذلك لايمكن للمرء أن يكون ميتا قليلا، كما لايمكن للمرأة أن تكون حاملا قليلا. فإذا كان للمنظومة تاريخ محدد واحد، يقود مبدأ الارتياب إلى مختلف الأنواع من الألغاز، كأن يكون الجسيم في مكانين في آن معا أويكون رواد الفضاء نصف موجودين على القمر.

يمكن تفادي تلك الألغاز التي أقلقت آينشتاين من خلال طريقة أنيقة ابتدعها الفيزيائي الأمريكي ريتشارد فينمان. لقد أصبح فينمان شهيرا في عام ١٩٤٨ بسبب عمله في تطبيق نظرية الكم على الضوء، وقد منح في عام ١٩٦٥ جائزة نوبل مع زميله الأمريكي جوليان شفينغر والفيزيائي الياباني شينيخيرو توموناغا. لكنه كان فيزيائيا حتى الصميم، مثله في ذلك كمثل آينشتاين. فقد كان يكره التكبر والخداع والدجل، كما أنه استقال من أكاديمية العلوم الوطنية (الأمريكية) لأنه وجد أن أعضاءها يصرفون جُلَّ وقتهم لاتخاذ القرارات حول مَنْ مِن العلماء الآخرين يمكن أن يُقبل في عضوية الأكاديمية. ويُذكر الآن فينمان، الذي توفي عام ١٩٨٨، بسبب إسهاماته الكثيرة في الفيزياء النظرية؛ وأحد هذه الإنجازات هي المخططات التي تحمل اسمه ، والتي تمثل الأساس في معظم الحسابات في الفيزياء النظرية. لكن إسهامه الأكثر أهمية كان مفهومه حول ***الجمع على التواريخ***. فقد كانت الفكرة أنه ليس للمنظومة تاريخ وحيد فقط في الزمكان، كما يُفترض عادة في النظرية اللاكمومية، بل مجموعة من كل التواريخ الممكنة. تخيَّل مثلا جسيما موجودا في النقطة أ في لحظة معينة. أنت تفترض عادة أن الجسيم سوف يتحرك من أ على خط مستقيم. لكن بموجب مفهوم الجمع على التواريخ، يستطيع الجسيم التحرك على أي مسار يبتدئ من أ . فالأمر يشبه مايحصل عندما يضع المرء نقطة من الحبر على الورق النشاف، حيث تنتشر جزيئات الحبر عبر الورقة على جميع المسارات الممكنة. حتى لو قمت بإحداث قطع في الورقة لبتر الخط المستقيم بين نقطتين ، فإن الحبر سيعبر ملتفا حول نهاية القطع.

يقترن مع كل مسار أو تاريخ للجسيم رقم يعتمد على شكل ذلك المسار. إن احتمال ذهاب الجسيم من أ إلى ب يُعطى بجمع جميع الأرقام المقترنة بجميع المسارات التي تقود الجسيم من أ إلى ب. ومن أجل معظم المسارات، يتفانى الرقم المقترن بمسار ما تقريبا مع جميع الأرقام المقترنة بالمسارات الأخرى القريبة منه. لذلك يكون إسهام هذه المسارات قليلا في احتمال انتقال الجسيم من أ إلى ب. لكن الأرقام المقترنة بالمسارات المستقيمة تنجمع إلى الأرقام المقترنة بالمسارات شبه المستقيمة، ولذلك يأتي الإسهام الأكبر في مقدار الاحتمال من المسارات المستقيمة وشبه المستقيمة. وهذا هو السبب في أن المسار الذي يتخذه الجسيم لدى تحركه يبدو مستقيما أو قريبا من المستقيم. لكن إذا وضعنا جدارا فيه شق في طريق الجسيم، يمكن لمسارات الجسيم أن تتناثر فيما وراء الشق، إذ أن هناك احتمالا كبيرا للعثور على الجسيم بعيدا عن الخط المستقيم المار عبر الشق.

في عام ١٩٧٣، بدأتُ باستقصاء الأثر الذي يمكن أن يكون لمبدأ الارتياب على الجسيم في الزمكان المحدب بالقرب من الثقب الأسود. وما أثار دهشتي حينئذ هو أنني وجدت أن الثقب الأسود ليس أسود تماما. فمبدأ الارتياب يسمح للجسيمات والإشعاع بالتسرب من الثقب الأسود بمعدل ثابت. وكانت هذه النتيجة مفاجأة تامة لي وللجميع الآخرين الذين استقبلوها بعدم تصديق عام. لكن بعد أن تم إدراكها، تبين أنها كانت واضحة وجلية. إن الثقب الأسود هو منطقة من الفضاء يستحيل الخروج منها إذا كانت سرعة الشيء أقل من سرعة الضوء. لكن مفهوم فينمان في الجمع على التواريخ ينص على أنه يمكن للجسيمات سلوك أي مسار عبر الزمكان، وبذلك يمكن للجسيم أن يسير بسرعة تفوق سرعة الضوء. إن احتمال أن يتحرك الجسيم لمسافة طويلة بسرعة تفوق سرعة الضوء ضئيل، لكنه يسمح للجسيم بالسير بتلك السرعة لمسافة تكفي لخروجه من الثقب، ليتحرك بعدئذ بسرعة تقل عن سرعة الضوء. على هذا النحو، يسمح مبدأ الارتياب للجسيمات بالفرار مما كان يُظن أنه السجن الأبدي، أي الثقب الأسود. إن احتمال خروج جسيم من ثقب أسود ذي كتلة تساوي كتلة الشمس ضئيل جدا، لأن ذلك يستلزم مسير الجسيم بسرعة تفوق سرعة الضوء لمسافة عدة كيلومترات. لكن قد تكون هناك ثقوب سوداء أصغر كثيرا كانت قد تشكلت في الطور المبكر للكون. ويمكن لأحجام تلك الثقوب أن تكون أصغر من حجم نواة الذرة، لكن كتلتها يمكن أن تساوي مليارات الأطنان، ولذلك يمكن أن تشع طاقة

تعادل استطاعة محطة كبيرة لتوليد الطاقة الكهربائية. كم أتمنى أن نستطيع العثور على واحد من هذه الثقوب السوداء الصغيرة واستخدام طاقتها ! لسوء الحظ ، لايبدو أن ثمة الكثير منها في الكون.

كان التنبؤ بحدوث الإشعاع من الثقوب السوداء النتيجة النفيسة الأولى لمزاوجة نظرية النسبية العامة مع المبدأ الكمومي، إذ بينت أن الانهيار الثقالي ليس تلك النهاية الميتة كما سبق وتبدى لنا؛ فليس ضروريا أن تكون نهاية تواريخ الجسيمات الموجودة في الثقب الأسود في متفرد، بل يمكنها الفرار من الثقب ومتابعة تواريخها في خارجه. وربما يعني المبدأ الكمومي إمكانية تفادي التواريخ التي لها بداية في الزمن ، أي نقطة الخلق في الانفجار الأعظم.

إن الإجابة عن مثل هذه المسألة أمر غاية في الصعوبة لأنها تنطوي على تطبيق المبدأ الكمومي على بنية الزمان والمكان ذاتهما، وليس على مسارات الجسيمات فحسب في المحيط الزمكاني. إن ما يلزم هنا هو طريقة لإجراء الجمع على التواريخ ليس للجسيمات فقط، بل لكامل نسيج الزمان والمكان أيضا. إننا لانعرف كيفية إجراء مثل هذا الجمع على نحو سليم حتى الآن، لكننا نعرف سمات معينة لها. وإحدى هذه السمات هي أنه من الأسهل إجراء الجمع إذا تعاملنا مع تواريخ في الزمن التخيُّلي عوضا عن الزمن الحقيقي العادي . إن ***الزمن التخيلي*** مفهوم صعب الاستيعاب ، وقد يكون السبب في معظم المشاكل التي عانى منها قراء كتابي ***موجز تاريخ الزمن***. لقد انتقدني الفلاسفة بشدة بسبب استخدام مفهوم الزمن التخيلي، إذ كيف يمكن أن تكون له أي علاقة بالكون الحقيقي ؟ أظن أن هؤلاء الفلاسفة لم يتعلموا دروس التاريخ . فقد كان يُعتقد في الماضي أن الأرض مسطحة وأن الشمس تدور حولها، ومع ذلك وجب علينا منذ أيام كوبرنيق وغاليليو التكيُّف مع فكرة أن الأرض كروية وأنها هي التي تدور حول الشمس. كذلك، كان أمرا جليا أن يتدفق الزمن بالمعدل نفسه بالنسبة للجميع، لكن بعد نظريات آينشتاين تبنَّينا مفهوم الزمن الذي يسير بمعدلات مختلفة بالنسبة للرصَّاد المختلفين. كما كان جليا أن يكون للكون تاريخ واحد، لكن بعد اكتشاف ميكانيك الكم، كان لزاما علينا النظر في اتخاذ الكون لكل تاريخ ممكن له. إن ما أريد اقتراحه هو أن فكرة الزمن التخيلي هي شيء سوف نقبل به أيضا. فهي قفزة فكرية رُتبتها من رتبة

الاعتقاد بأن الأرض كروية ، وأظن أن الزمن التخيلي سيبدو طبيعيا كما تبدو الأرض كروية.

يمكن تصور الزمن الحقيقي العادي على شكل خط أفقي مستقيم، يتجه من اليسار إلى اليمين، وتُمَثل فيه الأزمان المبكرة بالجزء اليساري، والأزمان المتأخرة بالجزء اليميني. يمكنك أيضا اعتبار اتجاه آخر للزمن، من أسفل الصفحة إلى أعلاها؛ وهذا هو ماندعوه الاتجاه التخيلي للزمن، الذي يصنع زاوية قائمة مع الزمن الحقيقي.

ماهو مغزى ابتداع مفهوم الزمن التخيلي ؟ لماذا لانقتصر على الزمن العادي الحقيقي الذي نفهمه ؟ السبب هو أن المادة والطاقة تنزعان إلى جعل الزمكان يتحدب على نفسه، وهذا يقود في محور الزمن الحقيقي إلى متفردات لامحالة، حيث يبلغ الزمكان أجله. فعند المتفردات تصبح معادلات الفيزياء غير مُعيَّنة، مما يؤدي إلى عدم القدرة على التنبؤ بما سوف يحصل. أما الزمن التخيلي الموجود على زاوية قائمة مع الزمن الحقيقي، فيتصرف على النحو نفسه الذي تتصرف به الاتجاهات الثلاثة التي تمثل الحركة في المكان. وتحدب الزمكان الناجم عن المادة في الكون يقود عندئذ إلى تلاقي الاتجاهات المكانية الثلاثة مع اتجاه الزمن التخيلي من الخلف، لتشكل معا سطحا مغلقا كسطح الأرض. إن الاتجاهات المكانية تشكل مع الزمن التخيلي زمكانا منغلقا على نفسه دون حدود أو حواف، وليست فيه أي نقطة يمكن أن تُدعى بداية أونهاية، شأنه في ذلك شأن سطح الأرض الذي ليست له بداية أو نهاية.

في عام ١٩٨٣، اقترحت مع جيم هارتل أن الجمع على التواريخ من أجل الكون يجب 'ألاَّ يؤخذ على تواريخ في الزمن الحقيقي، بل يجب أن يؤخذ على تواريخ في الزمن التخيلي منغلقة على نفسها كسطح الأرض. وباعتبار أن ليس لهذه التواريخ متفردات أو بدايات أو نهايات، فإن كل مايحصل فيها يتحدد كلية بواسطة قوانين الفيزياء. هذا يعني أن ماحصل في الزمن التخيلي يمكن أن يحسب. وإذا كنت تعرف تاريخ الكون في الزمن التخيلي يمكنك أن تحسب تصرفاته في الزمن الحقيقي. وبهذه الطريقة يمكن أن تأمل بالحصول على نظرية موحدة كاملة تستطيع التنبؤ بكل ما في الكون. لقد أمضى آينشتاين السنوات الأخيرة من عمره باحثا عن مثل هذه النظرية؛ لكنه لم يجدها لأنه لم يكن يثق بميكانيك الكم. فقد كان غير مستعد لقبول فكرة أن للكون تواريخ متعددة مختلفة، كما في الجمع على التواريخ. إننا مازلنا لانعلم كيفية

إجراء الجمع على التواريخ على نحو سليم من أجل الكون، لكن يمكننا أن نكون متيقنين من أن ذلك سيتضمن الزمن التخيلي وفكرة انغلاق الزمكان على نفسه. وأظن أن هـٰذه المفاهيم سوف تغدو طبيعية بالنسبة للأجيال القادمة كما هي فكـرة كرويـة الأرض. إن الزمن التخيلي مألوف الآن في قصص الخيـال العلمـي، إلا أنـه أكـثر مـن خيـال علمـي وحيل رياضية. إنه شيء يُشكِّل العالم الذي نعيش فيه.

٩ - أصل الكــون *

تشبه مسألة أصل الكون إلى حد ما المشكلة المتمثلة بالسؤال القديـم: مـا الـذي أتـى أولا، الدجاجة أم البيضة؟ بكلمات أخرى، ما هي القوة التي خلقت الكون، ومن خلـق تلك القوة؟ ربما وُجد الكون، أو القوة التي خلقته، منذ الأزل، دون ضرورة لوجود مـن يخلقه أو يخلقها. لقد نزع العلماء، حتى فترة متأخرة، نحو الخجل مـن طرح مثل هـذه الأسئلة، شاعرين بأنها تنتمي إلى الدين أو الغيبيـات اللافيزيائيـة، لا إلى العلـم. لكـن في السنوات القليلة الماضية، ظهر ما يشير إلى أن قوانـين العلـم يمكـن أن تُطبق حتـى علـى بداية الكون؛ وفي تلك الحالة، يمكن للكون أن يكون مستقلا بذاته ومحددا تماما بقوانين العلم.

بقي النقاش حول كيفية ابتداء الكون قائمـا منـذ بدايـة التـاريخ المكتـوب. وبشـكل أساسي، كانت ثمة مدرستان فكريتان في هذا الإطار. فكثير من التقاليد القديمـة، إضافـة إلى الأديان السماوية الثلاثة، اليهودية والمسيحية والإسلام، تقول إن الكون قد خُلـق في الماضي القريب نسبيا (حَسَبَ القس أوشر في القـرن السـابع عشر أن الكـون خُلـق في عام ٤٠٠٤ قبل الميلاد، وهو رقـم توصـل إليـه مـن خـلال جمـع أعمـار النـاس الـواردة أسماؤهم في كتاب العهد القديم). وإحدى الحقائق التي استخدمت لدعم فكـرة حداثـة أصل الكون هي إدراك أن النوع الإنسـاني يتطـور علـى نحـو بيِّـن مـن حيـث الحضـارة والتكنولوجيا. فنحن نتذكر مَنْ صنع تلك المأثرة أو من طور هذه التقانة. إن الحجة هنـا تسير على هذا المنوال: لايمكن لنا أن نكون قد وُجدنا منـذ زمـن بعيـد، وإلا لوجـب أن نكون قد تقدمنا إلى أبعد ممـا نحـن عليـه. في الواقـع، إن تـاريخ الخلـق بموجـب الكتـاب المقدس ليس بعيدا جدا عن تاريخ نهاية العصر الجليدي الأخير، وهو الوقت الـذي يبـدو أن الإنسان الحديث قد ظهر فيه. من ناحية أخرى، كـان هنـاك أنـاس مثل الفيلسـوف الإغريقي أرسطو الذي لم ترُق له فكرة وجود بداية للكون. فقد شعروا أن ذلك ينطوي على تدخل من قبل قوى مقدسة، وفضلوا الاعتقاد بأن الكـون وجـد منـذ الأزل، وأنـه

---

* محاضرة ألقيتها في مؤتمر الذكرى المئوية الثالثة للثقالـة الـذي عقـد في كامـبريدج في شـهر حزيـران مـن عـام ١٩٨٧ ، وهي الذكرى المئوية الثالثة لنشر كتاب نيوتن *المبادئ* Principia .

سيبقى إلى الأبد. فالشيء الخالد أكمل من الشيء الذي يستلزم الخلق. وكان لدى هؤلاء الناس جواب عن الحجة المتعلقة بتطور الإنسان التي ذكرناها آنفا، وهو أن الطوفانات المتكررة والكوارث الطبيعية عملت دائما على إرجاع النوع الإنساني إلى البداية.

لكن كلا المدرستين الفكريتين اعتقدتا بأن الكون ساكن لايتغير مع الزمن، فإما أنه خُلق على الهيئة التي هو عليها اليوم، أو أنه كان كما هو الآن منذ الأزل. وكان هذا الاعتقاد طبيعيا، لأن الحياة الإنسانية على مدى التاريخ المكتوب قصيرة بمعنى أن الكون لم يتغير خلالها بمقدار ملحوظ . في الكون الساكن غير المتبدل، تبقى مسألة ما إذا كان الكون موجودا منذ الأزل أو أنه خلق في لحظة معينة من الماضي فعلا قضية من قضايا الدين أو الغيبيات اللافيزيائية، فكلا النظريتين تستطيعان احتساب مثل هذا الكون. وفي الحقيقة، وفي عام ١٧٨١، كتب الفيلسوف إيمانويل كنط كتابه الهام والغامض *نقد العقل الصرف*، حيث استنتج فيه أن هناك حججا على السوية نفسها من مشروعية الاعتقاد بأن للكون بداية وللاعتقاد بأن ليس ثمة بداية له. كما هو واضح من عنوان الكتاب، قامت استنتاجاته ببساطة على العقل، بمعنى أنها لم تأخذ بالحسبان نتائج الأرصاد الكونية. على أي حال، وفي كون ساكن غير متبدل، ما الذي يمكن أن يُرصد؟

لكن في القرن التاسع عشر، بدأت تتراكم الأدلة على أن الأرض، وبقية الكون، يتغيران فعلا مع الزمن. فقد أدرك الجيولوجيون أن تشكل الصخور والأحافير فيها يستلزم مضي مئات أو آلاف ملايين السنين، وهذا زمن أكبر كثيرا من عمر الأرض الذي جرى حسابه من قبل المؤمنين بنظرية الخلق. أما الدليل الإضافي الذي عزز تلك الفكرة فقد أتى من *القانون الثاني للترموديناميك* الذي صاغه الفيزيائي الألماني لودفيغ بولتسمان. ينص هذا القانون على أن المقدار الكلي لعدم الانتظام (أي للفوضى، ويعبر عنه بمقدار يدعى *الإنتروبي*) يتزايد باستمرار مع الزمن. يوحي هذا القانون بأن الكون لم يكن موجودا إلا لفترة محدودة من الزمن، وهذه حجة مشابهة لحجة التطور الإنساني؛ فلو لم يكن الأمر كذلك، لتردى الكون في حالة من الفوضى المطلقة حيث يكون كل شيء بدرجة الحرارة نفسها.

هناك صعوبة أخرى في فكرة الكون الساكن، وهي تنبع من قانون نيوتن في الثقالة الذي ينص على أن كل نجم في الكون يخضع إلى جذب من كل نجم آخر. فإذا كان

الأمر كذلك، كيف يمكن للنجوم أن تبقى ساكنة ومحافظة على المسافات بينها ؟ ألا يتساقط بعضها على بعض؟

لقد كان نيوتن واعيا لهذه المشكلة. ففي رسالة كتبها إلى ريتشارد بنتلي، الذي كان فيلسوفا مرموقا في تلك الأيام، وافق على أن التجمع المحدود من النجوم لايمكن أن يكون عديم الحركة، وإلا ستتساقط معا إلى نقطة مركزية. لكنه أردف قائلا، إن العدد اللانهائي من النجوم لايتساقط بعضه على بعضه الآخر، وذلك لعدم وجود أي نقطة مركزية لتتساقط عليها. إن هذه الحجة مثال للمأزق الذي يمكن أن يواجه المرء عندما يتحدث عن المنظومات اللانهائية. فباستخدام طرق مختلفة لجمع القوى المؤثرة على كل نجم والناجمة عن العدد اللانهائي من النجوم الأخرى في الكون، نحصل على أجوبة مختلفة إزاء ما إذا كانت النجوم ستبقى على مسافات ثابتة فيما بينها، لكننا نعلم اليوم أن الإجرائية الصحيحة لفعل ذلك هي أن ننظر إلى حالة منطقة محدودة من النجوم، ثم نجمع إليها نجوما أخرى موزعة بتجانس في خارج المنطقة. إن التجمع المحدود من النجوم سوف يتهاوى، ووفقا لقانون نيوتن، لن يوقف هذا التهاوي إضافةُ نجوم جديدة من المنطقة الخارجية. لذلك، لايمكن للعدد اللامحدود من النجوم أن يبقى ساكنا عديم الحركة. فإذا لم تكن النجوم متحركة بعضها بالنسبة لبعضها الآخر، سيؤدي التجاذب بينها إلى تهاويها بعضا على بعض ؛ إن الحل البديل لذلك، هو أن تأخذ النجوم بالتباعد، وأن تقوم جاذبية قوة الثقالة بإبطاء سرعة التباعد.

على الرغم من هذه الصعوبات التي تواجه فكرة الكون الساكن غير المتبدل مع الزمن، لم يخطر في بال امرئ منذ القرن السابع عشر وحتى بدايات القرن العشرين أن الكون قد يكون متغيرا مع الزمن. وعلى وجه الخصوص، فقد خان الحظ كلاًّ من نيوتن وآينشتاين في التنبؤ بأن الكون يجب أن يكون متوسعا أو منقبضا. لايمكن لوم نيوتن على ذلك، لأنه عاش قبل مئتين وخمسين عاما من الاكتشاف الرصدي لتوسع الكون. أما آينشتاين، فكان عليه أن يعرف أكثر. لقد تنبأت نظرية النسبية العامة التي صاغها في عام ١٩١٥ بتوسع الكون، لكنه كان مقتنعاً بسكونيته إلى درجة جعلته يضيف إلى النظرية عنصرا يجعلها تتوافق مع نظرية نيوتن ويوازن أثر قوة الثقالة.

لقد غير اكتشاف توسع الكون في عام ١٩٢٩ من قبل إدوين هَبْل كليا طبيعة النقاش حول أصله. فإذا نظرت إلى حالة المجرات في الوقت الراهن وسحبتها على الماضي

استنتجت أنها كانت متوضعة بعضها على بعض في لحظة ما قبل نحو عشرة إلى عشرين من مليارات السنين. ففي ذلك الزمن المتمثل بمتفرد يدعى ***الانفجار الأعظم***، كانت كثافة الكون وتحدب الزمكان لانهائيين. وفي هذه الظروف، تنهار قوانين العلم المعروفة جميعها، وهذه كارثة للعلم. إن هذا يعني أن العلم لا يستطيع التنبؤ بمفرده بكيفية بدء الكون، وكل ما يستطيع العلم قوله هنا هو إن الكون على ما هو عليه اليوم لأنه كان على ما كان عليه آنئذ. لكن العلم لايستطيع تفسير سبب ما كان عليه الكون بعد الانفجار الأعظم مباشرة.

ليس مفاجئا أن يكون الكثير من العلماء غير مبتهجين لهذا الاستنتاج المنطوي على وجوب وجود متفردٍ لانفجار أعظم، وبالتالي على وجود بداية للزمن ؛ وكانت إحدى المحاولات المضادة ما يُدعى ***نظرية الحالة المستقرة*** التي تقول مايلي: بينما تقوم المجرات بالتباعد بعضها عن بعض، تتشكل مجرات جديدة في الفضاء بينها من مادة تتخلق باستمرار؛ وقد وُجد الكون وسيبقى موجودا إلى الأبد على الحالة نفسها التي هو عليها اليوم.

من أجل استمرار توسع الكون مع تخلق مادة جديدة، تطلب نموذج الكون الساكن إدخال تعديل على نظرية النسبية العامة، إلا أن معدل تخلق المادة الجديدة كان منخفضا جدا: زهاء جسيم واحد في الكيلومتر المكعب كل عام، وهو أمر لايتعارض مع الأرصاد. وتنبأت النظرية أيضا بأن الكثافة الوسطية للمجرات وما شابهها من الأجسام الكونية يجب أن تكون ثابتة، سواء في المكان أو مع الزمن. لكن مسحا لمنابع الأمواج الراديوية الواردة من خارج مجرتنا، والذي قام به مارتن ريل ومجموعته في كامبريدج، بيّن أن هناك كثيرا من المنابع الخافتة بالمقارنة مع المنابع القوية. ويتوقع المرء وسطيا أن تكون المنابع الأكثر خفوتا هي الأكثر بعدا، ولذلك ستكون لدينا إمكانيتان: إما أن نكون في منطقة من الكون المنابع الراديوية القوية فيها أقل من المتوسط، أو أن كثافة تلك المنابع كانت أكبر في الماضي، عندما غادر الضوء المنابع البعيدة في رحلته إلينا. إن الإمكانيتين المذكورتين كلاهما غير متوافقتين مع تنبؤات نظرية الكون الساكن التي تقول إن كثافة المنابع الراديوية يجب أن تكون ثابتة عبر الفضاء ومع الزمن. أما الضربة القاصمة لتلك النظرية فقد كانت في عام ١٩٦٤ عندما اكتشف آرنو بنزياس و روبرت ويلسون الإشعاع المحيطي للأمواج الميكروية الواردة من الأقطار الكونية النائية خارج

مجرتنا. فقد كان لهذا الإشعاع الطيف المميز للإشعاع الصادر عن الجسم الساخن؛ قد لايكون ملائما أن نستخدم كلمة *ساخن* هنا ، لأن درجة الحرارة في هذا الإشعاع هي ٢,٧ درجة فوق الصفر المطلق. إن الكون مكان بارد مظلم. ليس هناك آلية معقولة في نظرية الكون الساكن لتوليد الأمواج الميكروية بطيف من هذا الشكل. لذلك وجب التخلي عن النظرية.

فكرة أخرى لتجنب متفرد الانفجار الأعظم تم اقتراحها من قبل العالمَيْن الروسيين، إفغني ليفشتس وإسحق خالاتنيكوف في عام ١٩٦٣. فقد قالا إن حالة الكثافة اللانهائية يمكن أن تحصل فقط إذا كانت المجرات متحركة متقاربة أو متباعدة مباشرة بعضها إزاء بعض. عندئذ فقط يمكن لها جميعا أن تكون قد تلاقت معا في نقطة واحدة في الماضي. إلا أن من الممكن أن تكون المجرات قد تحركت جانبيا بسرعة منخفضة ما، وهذا قد يؤدي إلى وجود طور انقباض مبكر للكون يمكن للمجرات خلاله أن يتقارب بعضها من بعض دون أن تتصادم مباشرة، لتتابع من ثم التباعد في توسع جديد للكون دون أن يمر في حالة الكثافة اللامتناهية.

عندما تقدم ليفشتس و خالاتنيكوف باقتراحهما كنت لا أزال طالبا أبحث عن موضوع أستكمل به أطروحة الدكتوراه. وقد كنت مهتما بمسألة ما إذا كان هناك انفجار أعظم، لأن ذلك كان جوهريا لفهم أصل الكون. فقمت مع روجر بنروز بتطوير مجموعة جديدة من التقانات الرياضية للتعامل مع هذه المسألة وما شاكلها. وقد بيَّنا أنه إذا كانت نظرية النسبية العامة صحيحة، فإن أي نموذج معقول للكون يجب أن يبدأ بمتفرد، وهذا يعني أن العلم يستطيع التنبؤ بأنه يجب أن تكون للكون بداية، إلا أنه لايستطيع التنبؤ بكيفية هذه البداية: لذلك قد يكون على المرء أن يلجأ إلى ا لله.

لقد كان من الممتع أن تراقب التقلب في الآراء إزاء المتفردات. فعندما كنت طالبا في المرحلة الجامعية، لم يكن هناك من يأخذها على محمل الجد تقريبا. لكن اليوم، ونتيجة لنظريات المتفرد، فإن الجميع تقريبا يعتقدون بأن الكون قد ابتدأ بمتفرد تنهار عنده قوانين الفيزياء. لكنني أظن الآن أنه على الرغم من وجود المتفرد، فإن قوانين الفيزياء ما تزال تستطيع تحديد كيفية ابتداء الكون.

تدعى نظرية النسبية العامة بالنظرية الكلاسيكية، لأنها لاتأخذ بالحسبان حقيقة أنه ليس للجسيمات مواضع وسرعات محددة بدقة، وأن هذه الجسيمات *تتفشى* على

منطقة صغيرة بموجب مبدأ الارتياب في ميكانيك الكم الذي لايسمح لنا أن نقيس الموضع والسرعة بدقة تامة في آن واحد معا. ليس هذا مهما في الحالات العادية، لأن نصف قطر تحدب الزمكان كبير جدا بالمقارنة مع الارتياب في موضع الجسيم. لكن نظريات المتفرد تشير إلى أن الزمكان سيكون شديد التشوه وذا نصف قطر تحدب صغير في بداية طور التوسع الكوني الحالي، وفي هذه الحالة، يكون لمبدأ الارتياب أهمية عالية. وبذلك تكون نظرية النسبية العامة قد جلبت على نفسها السقوط بسبب تنبُّئها بالمتفردات. فمن أجل مناقشة أصل الكون، نحتاج نظرية تُزاوج النسبية العامة مع ميكانيك الكم.

هذه النظرية هي ***نظرية الثقالة الكمومية***. إننا لانعرف حتى الآن الصيغة الدقيقة التي سوف تأخذها نظرية الثقالة الكمومية الصحيحة، والمرشح الأفضل الموجود بين أيدينا اليوم هو ***نظرية الأوتار الفائقة***، التي لايزال فيها عدد من الصعوبات غير المحلولة. إلا أن هناك خصائصَ معينة يُتوقع أن تتوفر في أي نظرية قابلة للحياة. إحدى هذه الخصائص هي فكرة آينشتاين التي مفادها أنه يمكن تمثيل آثار الثقالة بتحدب الزمكان والتوائه الناجمين عن أثر المادة والطاقة الموجودتين فيه. فالأشياء تحاول اتباع الطريق الأقرب إلى الخط المستقيم في هذا المكان المحدب. لكن بما أنه محدب، فإن مساراتها سوف تبدو منحنية كما لو أنها تحت تأثير الحقل الثقالي.

وهناك عنصر آخر نتوقع وجوده في النظرية النهائية، هو ما اقترحه ريتشارد فينمان حول إمكانية صياغة نظرية الكم على أساس الجمع على التواريخ . فالفكرة بأبسط أشكالها هي أن كل جسيم يتبع كل مسار، أي تاريخ، ممكن في الزمكان، ولكل مسار أو تاريخ احتمال يعتمد على شكله. لكي تكون هذه الفكرة فعالة، على المرء النظر في التواريخ التي تحصل في الزمن التخيلي، عوضا عن الزمن الحقيقي الذي ندرك فيه أننا أحياء. قد يبدو الزمن التخيلي شيئا من قصص الخيال العلمي، إلا أنه مفهوم رياضي معروف تماما. بمعنى ما، يمكن تصوره على أنه اتجاه للزمن متعامد مع اتجاه الزمن الحقيقي. هنا، يتم جمع الاحتمالات لجميع تواريخ الجسيمات التي لها خصائص معينة، كالمرور عبر نقاط محددة في أوقات محددة. بعدئذ يتم تعميم النتيجة بالعودة إلى الزمكان الحقيقي الذي نعيش فيه. ليس هذا المنهج هو المألوف في نظرية الكم، إلا أنه يؤدي إلى النتائج نفسها كما في الطرائق الأخرى.

في حالة الثقالة الكمومية، تتضمن فكرة فينمان حول الجمع على التواريخ، الجمعَ على التواريخ الممكنة المختلفة للكون، أي الزمكانات المحدبة المختلفة، وهذه تمثل تاريخ الكون وكل شيء فيه. إن على المرء تحديد فئة الفضاءات المحدبة الممكنة التي سيتضمنها الجمع على التواريخ، واختيار هذه الفئة من الفضاءات يحدد الحالة التي يكون عليها الكون. فإذا كانت فئة الفضاءات المحدبة التي تحدد حالة الكون متضمنة فضاءات ذات متفردات، فإن احتمالات مثل هذه الفضاءات لاتتحدد بوساطة النظرية، وقد يلزم بدلا من ذلك تحديد تلك الاحتمالات على نحو اعتباطي. هذا يعني أن العلم لايستطيع التنبؤ باحتمالات مثل هذه التواريخ التفردية للزمكان، وبالتالي لايستطيع التنبؤ بتصرف الكون. إلا أن من الممكن أن يكون الكون في حالة تتحدد بجمع يتضمن الفضاءات المحدبة غير التفردية فقط. عندئذ، يمكن لقوانين العلم أن تُعرِّف الكون برمته، ولاضرورة حينها للجوء إلى هيئة خارجية بالنسبة للكون من أجل تحديد كيفية ابتدائه. إن فكرةَ تحدُّدِ حالة الكون بالجمع على التواريخ اللاتفردية فقط تشبه إلى حد ما حالة الرجل المخمور الذي يبحث عن مفتاحه الضائع بجوار السارية الحاملة لمصباح ضوء الشارع: فقد يكون بحْثه عنه في غير المكان الذي أضاعه فيه، إلا أنه المكان الوحيد الذي يستطيع أن يجده فيه (لو أضاعه فيه). وعلى نحو مشابه ، قد لايكون الكون في الحالة التي تتحدد بالجمع على التواريخ اللاتفردية، لكنها الحالة الوحيدة التي يستطيع فيها العلم التنبؤ بالكون.

في عام ١٩٨٣، اقترحت مع جيم هارتل أن حالة الكون يجب أن تعطى بجمع على فئة معينة من التواريخ، حيث تتألف هذه الفئة من فضاءات محدبة خالية من المتفردات وذات حجم محدد دون أن يكون لها حدود أو حواف. تشبه هذه الفضاءات سطح الأرض، لكنها تحتوي على بعدين إضافيين. إن لسطح الأرض مساحة محدودة، لكن ليست له متفردات أو حدود أو حواف.

يمكن صياغة المقترح الذي تقدمت به مع هارتل كالتالي: الشرط الحدي للكون هو أنه ليست له حدود. في هذه الحالة فقط، أي حالة ألاَّ تكون للكون حدود، تحدد قوانين العلم بمفردها احتمالات كل تاريخ ممكن، أي أنها تحدد الكيفية التي يجب أن يتصرف بها الكون. أما إذا كان الكون في أي حالة أخرى، فإن فئة الفضاءات المحدبة المشمولة بالجمع على التواريخ ستتضمن فضاءات ذات متفردات، ومن أجل تحديد

احتمالات مثل هذه التواريخ التفردية، علينا اللجوء إلى مبدأ يختلف عن قوانين العلم المعروفة. هذا المبدأ سيكون خارجيا بالنسبة لكوننا، ولا يمكننا استنتاجه من خلاله. من ناحية أخرى، وإذا كان الكون لامحدودا، فإننا نستطيع من حيث المبدأ تحديد كيفية تصرفاته تماما وبالدقة التي يسمح بها مبدأ الارتياب.

إنه لأمر رائع للعلم أن يكون الكون في حالة اللاحدود؛ لكن كيف نستطيع أن نعرف أنه في تلك الحالة؟ الجواب عن ذلك هو أن *مقترح اللاحدود* يعطي تنبؤات لا لبس فيها حول الطريقة التي على الكون التصرف بموجبها. فإذا لم تتفق هذه التنبؤات مع الأرصاد، نستنتج أن الكون ليس في حالة اللاحدود. لذلك، فإن مقترح اللاحدود يمثل نظرية علمية جديدة بالمعنى الذي قال به الفيلسوف كارل بوبّر: يمكن البرهان على بطلانها من خلال الوقائع الرصدية.

لكن إذا لم تتفق الأرصاد مع التنبؤات، سنعرف أنه يجب أن تكون هناك متفردات في فئة التواريخ الممكنة، وهذا كل ما سنعرفه. لن يكون بإمكاننا حساب احتمالات التواريخ التفردية، وبالتالي لن يكون بإمكاننا التنبؤ بالكيفية التي سيتصرف بها الكون. قد يظن بعضهم أن عدم القدرة على التنبؤ هذه ليست هامة إذا كانت مقتصرة على الانفجار الأعظم فقط، حيث أنه حصل قبل عشرة أو عشرين من مليارات السنين. لكن إذا كانت المقدرة على التنبؤ ستنهار في ظروف الحقول الثقالية الفائقة الشدة في الانفجار الأعظم، فإنها ستنهار أيضا في كل مرة ينهار فيها نجم، وهذا ما يحصل مرات عديدة في الأسبوع في مجرتنا وحدها. وعندئذ ستكون مقدرتنا على التنبؤ عديمة الجدوى، حتى بمعايير التنبؤ بالطقس.

طبعا، قد يقول قائل إننا لسنا بحاجة للاهتمام بانهيار المقدرة على التنبؤ بما يحصل على نجم بعيد؛ لكن وفقا لنظرية *الكم*، فإن أي شيء غير ممنوع فعلا يمكن أن يحصل وسوف يحصل. بالتالي، إذا تضمنت فئة التواريخ الممكنة فضاءات ذات متفردات، فإن هذه المتفردات يمكن أن تحدث في أي مكان، لا في الانفجار الأعظم أو في نجم منهار فحسب. وهذا يعني أننا لانستطيع التنبؤ بأي شيء. لذلك، فإن حقيقة قدرتنا على التنبؤ بالأحداث هي برهان تجريبي ضد المتفردات ولصالح مقترح اللاحدود.

ما هي تنبؤات مقترح اللاحدود حول الكون؟ القضية الأولى التي سنتناولها هنا هي ما يلي: بما أن جميع التواريخ الممكنة للكون محدودة في اتساعها، فإن أي مقدار

نستخدمه لقياس الزمن سيكون ذا قيمة عظمى وأخرى صغرى؛ لذلك ستكون للكون بداية ونهاية، والبداية في الزمن الحقيقي هي متفرد الانفجار الأعظم. أما في الزمن التخيلي، فهي ليست كذلك، بل تشبه، تصويريا، القطب الشمالي للأرض. في هذا التشبيه، إذا اعتبرنا خطوط الطول على سطح الأرض مماثلة للزمن، يمكننا القول إن بداية سطح الأرض هي القطب الشمالي. إلا أن القطب الشمالي ليس إلا نقطة عادية تماما على الأرض، لا خصوصية لها، وتنطبق فيها وعليها القوانين نفسها الموجودة في الأماكن الأخرى. على نحو مشابه، فإن الحدث الذي يمكننا أن نختاره كعلامة لبداية الكون في الزمن التخيلي سيكون نقطة عادية في الزمكان، لا تختلف عن غيرها. وعندئذ، ستنطبق قوانين العلم على البداية كما تنطبق على غيرها.

من التمثيل التصويري مع سطح الأرض، يتوقع المرء أن تكون نهاية الكون مشابهة لبدايته، كما هو القطب الجنوبي للأرض بالنسبة إلى القطب الشمالي. لكن القطبين الشمالي والجنوبي يقابلان بداية ونهاية تاريخ الكون في الزمن التخيلي، وليس في الزمن الحقيقي الذي نستشعره. لذلك، وإذا عممنا نتائج الجمع على التواريخ من الزمن التخيلي على الزمن الحقيقي، سنجد أن بداية الكون في الزمن الحقيقي مختلفة كليا عن نهايته.

قمت مع جوناثان هالليول بإجراء حسابات تقريبية لما قد ينطوي عليه شرط اللاحدود. فقد عاملنا الكون على أساس محيط تام النعومة والتجانس مع وجود اختلافات طفيفة في الكثافة. في الزمن الحقيقي، بدأ الكون توسعه من نصف قطر ضئيل للغاية، وكان هذا التوسع في البداية تضخميا، بمعنى أن حجم الكون يتضاعف بمقدار ملايين الملايين من المرات في كل جزء ضئيل من الثانية.

كان التوسع التضخمي أمرا جيدا من حيث إنتاجه لكون ناعم متجانس على المدى الواسع، ومن حيث أن التوسع كان بالمعدل الحرج الذي يدرأ الانقباض. كذلك كان التوسع التضخمي جيدا من حيث إنتاجه لكل ما في الكون من اللاشيء، بكل ما تحمله هذه الكلمة من معنى. عندما كان الكون نقطة واحدة، كالقطب الشمالي مثلا، لم يكن يحتوي على شيء، أما الآن فهناك مالايقل عن $١٠^{٨٠}$ جسيما في الجزء المُلاحَظ من الكون؛ فمن أين أتت هذه الجسيمات؟ الجواب عن ذلك هو أن نظرية النسبية ونظرية الكم تسمحان بتخلق المادة من الطاقة على شكل أزواج من الجسيمات والجسيمات

المضادة. لكن من أين أتت الطاقة لخلق المادة؟ والجواب عن ذلك هو أنها اقُترضت من الطاقة الثقالية في الكون. فلدى الكون عجز هائل من الطاقة الثقالية السالبة التي توازن تماما الطاقة الموجبة للمادة. لقد اقترض الكون بكثرة في أثناء فترة التوسع التضخمي من طاقته الثقالية لتمويل خلق المزيد من المادة، الأمر الذي نجم عنه كون متوسع .غني ممتلئ بالأشياء المادية. أما العجز في الطاقة الثقالية، فلا يجب تسديده إلا عند نهاية الكون.

لايمكن للكون في طوره المبكر أن يكون متجانسا منتظما تماما، لأن ذلك يخرق مبدأ الارتياب في ميكانيك الكم، بل يجب أن يكون ثمة انحراف عن الكثافة المنتظمة. إن مقترح اللاحدود ينطوي على أن هذه الفوارق في الكثافة تبدأ صغيرة .بمقدارها إلى أدنى حد ممكن، وذلك .بما يتوافق مع مبدأ الارتياب. بعدئذ، وفي طور التوسع التضخمي، تأخذ الفوارق بالتزايد المضطرد، وينتهي الأمر بعد انقضاء هذا الطور إلى كون يتوسع بسرعات تختلف قليلا من مكان إلى آخر. وفي مناطق التوسع الأبطأ، يؤدي التجاذب الثقالي إلى إبطاء إضافي للتوسع؛ وفي النهاية تتوقف المنطقة عن التوسع وتنقبض لتشكل المجرات والنجوم. بذلك، فإن مقترح اللاحدود يستطيع تفسير البنية المعقدة التي نراها من حولنا، إلا أنه لايعطي تنبؤا واحدا فقط للكون، بل يتنبأ بأسرة كاملة من التواريخ الممكنة، لكل منها احتماله الخاص به.

هنالك مضامين جوهرية في مقترح اللاحدود بخصوص دور ا لله في شؤون الكون. إنه من المقبول عموما الآن أن الكون يتطور وفقا لقوانين معرَّفة تماما. قد تكون هذه القوانين مرسومة من قبل ا لله ، الذي لا يتدخل، على ما يبدو، لخرقها. لكن وحتى فترة متأخرة، كان يُعتقد بأن هذه القوانين لا تنطبق على بداية الكون، حيث يعود الأمر إلى ا لله لابتداء آلية الكون وإطلاقها لتسير على النحو الذي أراده. بذلك، تكون حالة الكون الراهنة هي النتيجة الناجمة عن اختيار ا لله للشروط البدئية.

لكن الحالة ستكون مختلفة جدا إذا كان مقترح اللاحدود صحيحا. ففي هذه الحالة تنطبق قوانين الفيزياء حتى على بداية الكون، مما يعني أنه لم تكن هناك الحرية لاختيار الشروط البدئية. طبعا، يبقى ا لله في هذه الحالة حرا في اختيار القوانين التي يطيعها الكون. ومع ذلك، قد لايكون ذلك اختيارا فعليا، إذ لايوجد سوى عدد ضئيل من القوانين المتوافقة بعضا مع بعض والتي تؤدي إلى وجود كائنات معقدة من أمثالنا يستطيعون طرح السؤال: ما هي طبيعة ا لله؟

حتى لو كانت هناك مجموعة واحدة فقط من القوانين الممكنة، فإنها ليست سوى مجموعة من المعادلات؛ فمن ذا الذي ينفخ النار في هذه المعادلات و يصنع الكون ليُحكم بها؟ هل النظرية الموحدة النهائية لازمة إلى حد أن تخلق ذاتها؟ على الرغم من أنه يمكن للعلم حل مسألة كيفية بدء الكون، فإنه لايستطيع الإجابة عن السؤال: لماذا وُجد الكون؟ من ناحيتي، ليست لدي إجابة عن هذا السؤال.

١٠ - ميكانيك الكم والثقوب السوداء *

شهدت الثلاثون سنة الأولى من هذا القرن ظهور ثلاث نظريات غيرت جذريا نظرة الإنسان إلى الفيزياء وإلى الحقيقة نفسها، والفيزيائيون مازالوا يحاولون استقصاء مضامينها والتوفيق فيما بينها. هذه النظريات هي: نظرية النسبية الخاصة (١٩٠٥)، نظرية النسبية العامة (١٩١٥)، ونظرية ميكانيك الكم (اعتبارا من عام ١٩٢٦). وكان ألبرت آينشتاين مسؤولا إلى حد كبير عن الأولى، وكليا عن الثانية، كما لعب دورا رئيسيا في تطوير الثالثة. ومع ذلك، لم يتقبل آينشتاين ميكانيك الكم البتة بسبب عنصر المصادفة ومبدأ الارتياب، وقد أوجز شعوره ذلك في مقولته الشهيرة *إن الله لايلعب النرد*. لكن معظم الفيزيائيين قبلوا نظرية النسبية الخاصة وميكانيك الكم لأنهما تصفان آثارا يمكن رصدها مباشرة. من ناحية أخرى، أُهملت نظرية النسبية العامة إلى حد بعيد، فقد بدت شديدة التعقيد رياضيا، وغير قابلة للاختبار في المخابر، علاوة على أنها كانت نظرية كلاسيكية صرفة غير متوافقة مع ميكانيك الكم. لذلك بقيت في حالة من الركود لمدة خمسين سنة تقريبا. لكن الاتساع الهائل للمدى الذي وصلت إليه الأرصاد الفلكية التي بدأت في الستينيات، أحيى الاهتمام مجددا بنظرية النسبية العامة الكلاسيكية. فقد بدا أن كثيرا من الظواهر الجديدة التي تم اكتشافها، مثل الكوازارات والنبَّاضات ومنابع الأشعة السينية ذات الكتل الكثيفة، تشير إلى وجود حقول ثقالية شديدة جدا لايمكن وصفها إلا بوساطة النسبية العامة. إن الكوازارات هي أجسام تشبه النجوم، ويجب أن تكون أكثر بريقا بأضعاف عديدة من بريق مجرات برمتها إذا كانت على ذلك البعد الشاسع الذي يشير إليه احمرار طيفها. أما النبَّاضات، فهي المخلفات السريعة الوميض المتبقية من انفجارات المستعِرات الفائقة، ويعتقد أنها نجوم نيوترونية هائلة الكثافة. أما منابع الأشعة السينية، والتي تكشفت من خلال الأجهزة المحمولة على المركبات الفضائية، فقد تكون نجوما نيوترونية أيضا، أو ربما تكون أجساما ذات كثافة أعلى من ذلك، أي ثقوبا سوداء.

---

* مقالة نشرت في مجلة Scientific American في شهر كانون الثاني ١٩٧٧ .

إن إحدى المشاكل التي تواجه الفيزيائيين الذين يسعون إلى تطبيق النسبية العامة على هذه الأجسام المفترضة أو المكتشفة حديثا هي جعل تلك النظرية متوافقة مع ميكانيك الكم. وفي السنوات القليلة الماضية، حصلت تطورات أعطت الأمل بأننا سنتوصل قريبا إلى نظرية كم للثقالة تامة التكامل، نظرية تتفق مع النسبية العامة من أجل الأجسام الكبيرة، وتخلو، كما نرجو، من اللانهايات الرياضية التي أحبطت نظريات الحقل الكمومي الأخرى. إن هذه التطورات تتعلق بآثار كمومية معينة اكتشفت مؤخرا ذات صلة بالثقوب السوداء، وهي تُرينا الارتباط المدهش بين تلك الثقوب وقوانين الترموديناميك.

دعني أصف بإيجاز الكيفية التي يمكن أن تتشكل بها الثقوب السوداء. تخيل نجما ذا كتلة تعادل عشرة أمثال كتلة الشمس. فخلال معظم زمن حياته البالغ زهاء مليار سنة، يولّد هذا النجم حرارة في مركزه بتحويل الهيدروجين إلى هيليوم، وينجم عن الطاقة المتحررة من هذا التحول ضغط كاف يدعم بنية النجم ضد الانهيار تحت تأثير ثقالته الذاتية، مشكّلا بذلك جسما ذا قطر يعادل خمسة أضعاف قطر الشمس. إن سرعة الانفلات من سطح مثل هذا النجم تقدر بنحو ألف كيلومتر في الثانية، أي لو أطلقنا جسما شاقوليا نحو الأعلى من سطح النجم بسرعة تقل عن ألف كيلومتر في الثانية، فإن الجسم سوف يتباطأ ويعود إلى سطح النجم بتأثير حقله الثقالي، بينما ينفلت ويخرج مبتعدا عن النجم إذا زادت السرعة عن ذلك.

وعندما يستنفد النجم وقوده النووي، لا يتبقى فيه ما يحافظ على الضغط الداخلي نحو الخارج، فيأخذ النجم بالانهيار تحت تأثير ثقالته الذاتية. وبانقباض النجم، يصبح الحقل الثقالي على سطحه أقوى، ويزداد مقدار سرعة الانفلات . وعندما يتقلص نصف قطر النجم إلى ثلاثين كيلومترا، تزداد سرعة الانفلات لتصبح ٣٠٠ ألف كيلومتر في الثانية، وهي سرعة الضوء. بعدئذ، أي ضوء يصدر عن النجم لا يستطيع الانفلات منه، بل يُشد إلى الخلف تحت تأثير الحقل الثقالي. ووفقا لنظرية النسبية الخاصة، لاشيء يستطيع التحرك بسرعة تفوق سرعة الضوء؛ بالتالي، وإذا كان الضوء لايستطيع الانفلات، فلاشيء غيره يستطيعه.

والنتيجة هي ***ثقب أسود*** : منطقة من الزمكان لا يمكن الخروج منها. تُدعى حدود الثقب الأسود ***أفق الأحداث***، وهذا يطابق جبهة موجة ضوء صادر عن النجم أخفقت

في الخروج بعيدا وبقيت تُحوِّم في مكانها عند نصف قطر شفارتستشيلد الذي يعطى بـ $2GM/\sqrt{C}$ ، حيث G هو ثابت نيوتن للثقالة، و M هي كتلة النجم، و C هي سرعة الضوء. من أجل نجم ذي كتلة تساوي عشرة أمثال كتلة الشمس، يساوي نصف قطر شفارتسشيلد ثلاثين كيلومترا .

ثمة دليل رصدي جيد نسبيا يسمح لنا بافتراض وجود ثقوب سوداء بالحجم المذكور في منظومات النجوم المزدوجة من مثيلات منبع الأشعة السينية المعروفة باسم Cygnus X-I. كذلك، قد يكون هناك عدد لا بأس به من الثقوب السوداء الأصغر كثيرا والمتناثرة في أرجاء الكون، والمتشكلة لا من نجوم منهارة، بل من انهيار مناطق عالية الانضغاط في وسط حار كثيف يُعتقد أنه قد وُجد بعد الانفجار الأعظم الذي يمثل أصل الكون بفترة وجيزة. إن لهذه الثقوب السوداء الأولية أهمية قصوى من حيث الآثار الكمومية التي سأصفها هنا. فللثقب الأسود الذي يزن مليار طن (أي نحو كتلة جبل) نصف قطر يقدر بـ ١٠ $^{-١٣}$ سنتيمتر (أي حجم النيوترون أو البروتون)، ويمكن أن يكون مُحلِّقا في مدار حول الشمس أو حول مركز المجرة.

أتت الإشارة الأولى إلى احتمال وجود صلة بين الثقوب السوداء والترموديناميك من الاكتشاف الرياضي الذي حصل في عام ١٩٧٠ والذي ينص على أن مساحة سطح أفق الأحداث، وهو التخوم الخارجية للثقب الأسود، تتمتع بصفة التزايد دائما عندما تسقط مادة أو إشعاع جديدان في الثقب الأسود. علاوة على ذلك، إذا تصادم ثقبان أسودان واتحدا في ثقب أسود واحد، فإن مساحة سطح أفق الأحداث للثقب الناتج تزيد عن مجموع مساحتي أفقي الأحداث العائدين للثقبين المتصادمين. إن هذه الصفات توحي بوجود تشابه بين مساحة سطح أفق الأحداث للثقب الأسود ومفهوم ***الإنتروبي*** في الترموديناميك. يمكن النظر إلى الإنتروبي على أنه مقياس للفوضى في جملة ما، أو بشكل مكافئ، على أنه نقص في المعرفة حول حِالة الجملة. إن القانون الثاني الشهير للترموديناميك ينص على أن الإنتروبي يتزايد دوما مع الزمن.

جرى تطوير التماثل بين خصائص الثقوب السوداء وقوانين الترموديناميك من قِبَلي ومن قِبل جيمس باردين وبراندون كارتر. إن القانون الأول للترموديناميك ينص على أن التغير الضئيل في إنتروبي جملة فيزيائية ما يترافق مع تغير متناسب في طاقة الجملة. لقد وجدت، مع كارتر وباردين، قانونا مشابها يربط التغير في كتلة الثقب الأسود مع

مساحة أفق الأحداث. إن ثابت التناسب هنا يتضمن مقدارا يدعى ثقالة السطح، وهي مقياس لشدة الحقل الثقالي عند أفق الأحداث. فإذا قبلنا بأن مساحة أفق الأحداث تماثل الإنتروبي، بدت ثقالة السطح مماثلة لدرجة الحرارة. ويتعزز هذا التشابه من خلال حقيقة أن ثقالة السطح تأخذ القيمة نفسها على كل نقاط أفق الأحداث، تماما كدرجة الحرارة التي تأخذ القيمة نفسها في كل نقطة من الجسم الموجود في حالة التوازن الحراري.

على الرغم من وجود تشابه جليٍّ بين الإنتروبي ومساحة أفق الأحداث، فإن الكيفية التي يمكننا من خلالها تعريف المساحة كإنتروبي للثقب الأسود لم تكن واضحة، إذ ما هو معنى إنتروبي الثقب الأسود ؟ لقد أتى المقترح الحاسم من قبل جاكوب بكنشتاين في عام ١٩٧٢، ومفاده كما يلي: عندما يُخلق الثقب الأسود بوساطة الانهيار الثقالي، فإنه يصل سريعا إلى حالة مستقرة تميزها ثلاثة عوامل فقط هي الكتلة، والعزم الزاوي، والشحنة الكهربائية. فباستثناء هذه الخصائص الثلاثة، لايحتفظ الثقب الأسود بأي تفاصيل أخرى عن الجسم الذي انهار. لقد تم البرهان على هذا الاستنتاج، من قِبلي مع كارتر و دافيد روبنسون و ورنر إزرائل.

تنطوي هذه النظرية على أن كمية كبيرة من المعلومات تضيع في الانهيار الثقالي. فمثلا، الحالة النهائية للثقب الأسود مستقلة عما إذا كان الجسم الذي انهار مكوَّنا من مادة أو من مادة مضادة، وعما إذا كان كرويا أو عديم التجانس في شكله. بكلمات أخرى، يمكن للثقب الأسود ذي الكتلة والعزم الزاوي والشحنة الكهربائية المحددة أن يكون قد أتى من انهيار واحد من عدد كبير من التشكيلات المختلفة للمادة. وفعلا، وإذا أُهملت الآثار الكمومية، فإن عدد هذه التشكيلات لانهائي، لأن الثقب الأسود يمكن أن ينجم عن انهيار غيمة مكونة من عدد لاحصر له من الجسيمات ذات الكتل البالغة الضآلة.

لكن مبدأ الارتياب في ميكانيك الكم يقول إن الجسم ذا الكتلة M يتصرف كموجة طولها h / MC حيث h هو ثابت بلانك (وهو رقم فائق الضآلة ويساوي $6.62 * 10^{-27}$ Erg - Second)، و C هي سرعة الضوء. ومن أجل أن تكون غيمة الجسيمات قابلة للانهيار لتشكل الثقب الأسود، يبدو أنه من الضروري أن يكون طول الموجة أصغر من حجم الثقب الذي سيتشكل. لهذا يبدو أن عدد التشكيلات التي يمكن

أن تعطي ثقبا أسود ذا كتلة وعزم زاوي وشحنة كهربائية معينة محدود، على الرغم من أنه كبير جدا. لقد اقترح بكنشتاين أنه يمكن اعتبار لوغاريتم هذا العدد كإنتروبي للثقب الأسود. إن لوغاريتم الرقم هو مقياس لمقدار المعلومات التي فقدت ولا يمكن استرجاعها، وذلك في أثناء الانهيار عبر أفق الأحداث لدى تشكل الثقب الأسود.

لكن العيب الأساسي في مقترح بكنشتاين هو أنه إذا كان للثقب الأسود إنتروبي محدود متناسب مع مساحة أفق الأحداث فيه، يجب أيضا أن تكون له درجة حرارة محدودة متناسبة مع ثقالة سطحه. وهذا ينطوي على أنه يمكن للثقب الأسود أن يكون في حالة توازن ذات إشعاع حراري بدرجة حرارة ما تختلف عن الصفر المطلق. لكن مثل هذا التوازن مستحيل وفقا للمفاهيم الكلاسيكية، لأن الثقب الأسود سيمتص أي إشعاع حراري يسقط فيه، وهو تعريفا لايستطيع إصدار أي شيء في المقابل.

بقي هذا اللغز دون حل حتى عام ١٩٧٤، عندما كنت أستقصي ماهية تصرفات المادة على تخوم الثقب الأسود وفقا لميكانيك الكم. وكانت مفاجأة كبيرة لي، حيث وجدت أن الثقب الأسود قد يُشع جسيمات بمعدل مستقر. لكن، وكالآخرين في ذلك الحين، كنت مُسلِّما بالقول الفصل في أن الثقب الأسود لايستطيع إشعاع أي شيء. لذلك بذلت الكثير من الجهد في محاولة التخلص من هذا الأثر المحرج. لكنه رفض الابتعاد، الأمر الذي فرض عليَّ قبوله في النهاية. إن ما أقنعني بأنه ظاهرة فيزيائية حقيقية هو أن الجسيمات المشعة تتمتع بطيف حراري تماما؛ إن الثقب الأسود يخلق ويشع جسيمات كما لو أنه جسم ساخن عادي ذو درجة حرارة متناسبة مع ثقالة سطحه ومتناسبة عكسيا مع كتلته. وهذا ما جعل مقترح بكنشتاين حول تمتع الثقب الأسود بإنتروبي محدود متماسكا، إذ أنه ينطوي على أن الثقب الأسود يمكن أن يكون في حالة توازن حراري عند درجة حرارة ما تختلف عن الصفر.

منذ ذلك الحين، أخذ يتعزز الدليل الرياضي على أن الثقوب السوداء تستطيع الإشعاع حراريا ، وذلك من قبل عدد من الباحثين الآخرين الذين اتبعوا مناهج عديدة مختلفة. إن إحدى طرق فهم هذا الإشعاع هي كما يلي. يتضمن ميكانيك الكم أن الفضاء برمته مملوء بأزواج من الجسيمات والجسيمات المضادة الوهمية التي تتخلق باستمرار كأزواج من مادة حقيقية، ثم ينفصل الزوجان أحدهما عن الآخر، ثم يعودان للاندماج حيث يفني كل منهما الآخر. تدعى هذه الجسيمات بالجسيمات الوهمية،

لأنها لايمكن أن ترصد مباشرة من خلال كاشف الجسيمات، كما هو الحال مع الجسيمات الحقيقية. إلا أن آثارها غير المباشرة قابلة للقياس، وقد تم تأكيد وجودها من خلال انزياح ضئيل (يدعى انزياح لامب) تحدثه في طيف ضوء صادر عن ذرات هيدروجين مهيجة. وبوجود الثقب الأسود، قد يسقط أحد عنصري زوجي الجسيمات الوهمية فيه، تاركا الآخر في الخارج دون شريك يتفانى معه. قد يسقط الجسيم أو الجسيم المضاد المتخلف في الثقب بعد شريكه الأول، لكنه قد ينفلت أيضا مبتعدا عن الثقب، حيث يبدو عندئذ وكأنه إشعاع صادر عن الثقب الأسود.

طريقة أخرى للنظر في هذه العملية هي أن نعتبر أحد عنصري زوجي الجسيمات الذي يسقط في الثقب الأسود، وليكن الجسيم المضاد، وكأنه جسيم حقيقي يتحرك نحو الوراء في الزمن. أي يمكن اعتبار الجسيم المضاد الذي يسقط في الثقب الأسود جسيما عاديا صادرا عن الثقب الأسود لكنه يتحرك إلى الوراء في الزمن. وعندما يصل هذا الجسيم إلى النقطة التي استحال فيها الزوجان إلى مادة ومادة مضادة أصلا، يبعثره الحقل الثقالي فيصبح متحركا في الزمن إلى الأمام.

لذلك يسمح ميكانيك الكم للجسيم بالفرار من الثقب الأسود، وهذا أمر غير مسموح به في الميكانيك الكلاسيكي. هناك كثير من الحالات الأخرى في الفيزياء الذرية والنووية التي توجد فيها حواجز لا تستطيع الجسيمات اختراقها وفقا للمبادىء الكلاسيكية، بينما تستطيع اجتيازها بموجب مفعول النفق في ميكانيك الكم.

تتناسب سماكة الحاجز حول الثقب الأسود مع حجم الثقب. هذا يعني أن بضعة قليلة من الجسيمات تستطيع الفرار من ثقب أسود ذي حجم كحجم ذلك المفترض وجوده في Cygnus X-I، في حين أن الجسيمات تتسرب بشكل أسرع من الثقوب الأصغر حجما. وتُشير الحسابات التفصيلية إلى أن الجسيمات المشعة تتمتع بطيف حراري يوافق درجة حرارة تتزايد سريعا مع تناقص كتلة الثقب. فمن أجل ثقب أسود ذي كتلة تساوي كتلة الشمس، تكون درجة الحرارة نحو عشرة أجزاء من المليون من الدرجة فوق الصفر المطلق فقط. إن الإشعاع الحراري الصادر عن الثقب الأسود بهذه الدرجة من الحرارة يضيع تماما في الإشعاع المحيطي العام في الكون. من ناحية أخرى، فإن للثقب الأسود ذي الكتلة المساوية لمليار طن فقط - وهذا يكون لثقب أسود تشكل في الطور البدئي للكون وله حجم البروتون تقريبا - درجة حرارة تقدر بـ ١٢٠ مليار

درجة كلفن، وهذه تكافئ طاقة من رتبة عشرة ملايين الكترون فولت. عند مثل هذه الدرجة من الحرارة، يستطيع الثقب الأسود خلق أزواج الكترون - بوزيترون وجسيمات ذات كتلة تساوي الصفر، كالفوتونات والنيوترينوات والغرافيتونات (وهي الحوامل المفترضة للطاقة الثقالية). إن الثقب الأسود البدئي قادر على تحرير طاقة بمعدل ستة آلاف ميغا واط، أي ما يكافئ ما تنتجه ست محطات توليد كهرباء نووية كبيرة.

بينما يقوم الثقب الأسود بإشعاع الجسيمات، تتناقص كل من كتلته وحجمه، وهذا ما يجعل أمر الفرار سهلا لمزيد من الجسيمات، فيستمر الإشعاع بمعدلات متزايدة شيئا فشيئا إلى أن يكون الثقب الأسود قد أشع ذاته وزال من الوجود. على المدى الطويل، سوف يتبخر كل ثقب أسود في الكون على هذا المنوال. إلا أن الزمن اللازم للثقوب السوداء الكبيرة لتتبخر من الوجود طويل جدا؛ فالثقب ذو الكتلة المساوية لكتلة الشمس سوف يدوم مدة تساوي ١٠ ^٦٦^ سنة تقريبا. من ناحية أخرى، يجب أن تكون الثقوب السوداء البدئية قد تبخرت تقريبا في غضون عشرة المليارات من السنين التي انقضت منذ الانفجار الأعظم، وهو بداية الكون كما نعلم، ونتوقع أنها تشع حاليا أشعة غاما ذات أمواج شديدة القصر بطاقة تساوي حوالي مئة مليون الكترون-فولت.

تري الحسابات التي أجريتها مع دون بيج - اعتمادا على قياسات إشعاع غاما المحيطي الكوني التي أجراها القمر الصنعي SAS2 - أن الكثافة الوسطية للثقوب السوداء البدئية في الكون يجب أن تكون أقل من مئتي ثقب في السنة الضوئية المكعبة. وقد تكون الكثافة المحلية للثقوب السوداء في مجرتنا أعلى من ذلك بمليون ضعف إذا كانت الثقوب البدئية قد تركزت في هالة المجرات - وهي الغيمة الرقيقة من النجوم السريعة الحركة التي تغلف كل مجرة - بدلا من التوزع المتجانس عبر الكون. وينطوي هذا على أن أقرب ثقب أسود بدئي إلى الأرض يقع على مسافة لاتقل عن مسافة الكوكب بلوتو.

تتسارع المرحلة النهائية من تبخر الثقب الأسود على نحو تنتهي فيه بانفجار هائل. أما شدة الانفجار، فتعتمد على عدد أنواع الجسيمات الأساسية المختلفة الموجودة في الثقب. فإذا كانت الجسيمات مكونة - كما يُعتقد على نطاق واسع حاليا - من ستة أنواع من الكواركات المختلفة، تكون للانفجار النهائي طاقة مكافئة لمليون قنبلة هيدروجينية من فئة الميغا طن. من ناحية أخرى، تجادل نظرية أخرى اقترحها هاجدرون

في مخابر CERN (المنظمة الأوروبية للبحث النووي في جنيف) في أن هناك عددا لانهائيا من أنواع الجسيمات الأساسية ذات كتل أكبر فأكبر. في هذه الحالة، وبينما يصبح الثقب الأسود أصغر حجما وأعلى حرارة، فإنه يشع المزيد من أنواع الجسيمات المختلفة، ويؤدي إلى انفجار في النهاية أشد ربما بمئة ألف ضعف من ذلك المحسوب اعتمادا على الكواركات فقط. لذلك، فإن رصد انفجار ثقب أسود يمكن أن يوفر معلومات هامة جدا عن فيزياء الجسيمات الأساسية، وهي معلومات قد لا تكون متاحة بأي طريقة أخرى.

ينجم عن انفجار الثقب الأسود دفق كثيف من أشعة غاما العالية الطاقة. لكن، وعلى الرغم من إمكانية رصد هذه الأشعة بوساطة كواشف أشعة غاما المحمولة على المناطيد أو الأقمار الصنعية، فإنه من الصعب تطيير كاشف كبير بما يكفي لمصادفة عدد مفيد من فوتونات أشعة غاما القادمة من انفجار واحد. إن إحدى الإمكانيات لذلك هي استخدام مكوك فضائي لبناء كاشف كبير لأشعة غاما يدور في مدار حول الأرض. أما البديل الأسهل والأرخص فقد يكون استخدام الغلاف الجوي العلوي للأرض للعمل ككاشف. ذلك أن أشعة غاما العالية الطاقة التي تقتحم الغلاف الجوي تخلق وابلا من أزواج الإلكترون - البوزيترون التي تسير في البداية عبر الجو بسرعة تفوق سرعة الضوء فيه (تنخفض سرعة الضوء في الهواء بسبب تفاعله مع جزيئات الهواء). لذلك، تؤدي الإلكترونات والبوزيترونات إلى ما يشبه جدار صوت أو موجة صدمة في الحقل الكهرطيسي. يمكن لموجة صدمة من هذا القبيل - وتدعى إشعاع سيرنكوف - أن تُرى من الأرض على شكل ومضة من الضوء المرئي.

تشير تجارب أولية أجراها نيل بورتر و ترفور ويكس إلى أنه إذا كانت الثقوب السوداء تنفجر على النحو الذي تتنبأ به نظرية هاجدرون، يحدث وسطيا أقل من انفجارين في السنة الضوئية المكعبة كل قرن في منطقتنا من المجرة. وهذا ينطوي على أن كثافة الثقوب السوداء البدئية هي أقل من مئة مليون ثقب في السنة الضوئية المكعبة. إن علينا أن نُحسِّن من حساسية هذه الأرصاد إلى حد بعيد؛ فهي، إن لم تؤدِّ إلى أي دليل إيجابي على الثقوب السوداء البدئية، ستكون ذات قيمة كبيرة. فوضع حد أعلى منخفض القيمة لكثافة مثل هذه الثقوب، يشير إلى أن الكون المبكر قد كان ناعما جدا وليس مضطربا.

يشبه الانفجار الأعظم انفجار ثقب أسود، لكنه على نطاق أشد مما يمكن وصفه. لذلك نأمل أن يؤدي فهم آلية خلق الثقوب السوداء للجسيمات إلى فهم مشابه للآلية التي أنتج بها الانفجار الأعظم كل شيء في الكون. في الثقب الأسود، تنهار مادة وتضيع إلى الأبد بينما تُخلق مادة جديدة في مكانها، لذلك قد يكون هناك طور مبكر للكون انهارت فيه المادة لكي تعود فتخلق ثانية في الانفجار الأعظم.

إذا كانت للمادة التي تنهار لتشكل الثقب الأسود شحنة كهربائية صافية، سيحمل الثقب الأسود الناتج الشحنة نفسها. هذا يعني أن الثقب الأسود سوف يحاول جذب العناصر ذات الشحنة المعاكسة من أزواج الجسيمات والجسيمات المضادة الوهمية، بينما يطرد العناصر ذات الشحنة المماثلة لشحنته. لذلك ، سيشع الثقب الأسود غالبا جسيمات ذات شحنة مماثلة لشحنته، وهذا ما يجعله يفقد شحنته سريعا. وعلى غرار ذلك، إذا كان للمادة المنهارة عزم زاوي صافٍ، سوف يكون الثقب الأسود الناتج دوارا، وسوف يشع غالبا جسيمات تحمل معها عزمه الزاوي. إن السبب في أن الثقب الأسود **يتذكر** الشحنة الكهربائية والعزم الزاوي والكتلة الخاصة بالمادة المنهارة، وينسى ما عدا ذلك هو أن هذه المقادير الثلاثة مرتبطة مع حقول بعيدة المدى: الحقل الكهرطيسي في حالة الشحنة، والحقل الثقالي في حالة العزم الزاوي والكتلة.

وتشير التجارب التي أجراها روبرت ديك في جامعة برينستون وفلاديمير براجينسكي في موسكو إلى عدم وجود حقل بعيد المدى مرافق للصفة الكمومية المدعوة رقم الباريون (الباريونات هي فئة الجسيمات المشتملة على البروتونات والنيوترونات). بالتالي، فإن الثقب المتشكل من انهيار تجمع من الباريونات سوف ينسى رقم الباريون ويشع عددا متماثلا من الباريونات والباريونات المضادة. لذلك، وعندما يختفي الثقب الأسود، فإنه يخرق واحدا من القوانين الأكثر أهمية في فيزياء الجسيمات، وهو قانون انحفاظ الباريونات.

على الرغم من أن افتراض بكنشتاين – المتضمن أن للثقوب السوداء إنتروبيا محدودا- يستلزم من أجل تماسكه أن تشع تلك الثقوب حراريا، يبدو للوهلة الأولى أنها معجزة كاملة أن تؤدي الحسابات الكمومية التفصيلية حول تخلق الجسيمات إلى إشعاع ذي طيف حراري. وتفسير ذلك هو أن الجسيمات المشعة تخرج من الثقب الأسود بموجب مفعول النفق عبر منطقة لايملك الراصد الخارجي أي معلومات عنها باستثناء

كتلتها وعزمها الزاوي وشحنتها الكهربائية. وهـذا يعـني أن جميـع تراكيـب الجسـيمات المشعة أو تشكيلاتها ذات الطاقة والعزم الزاوي والشـحنة الكهربائيـة المتماثلـة متسـاوية الاحتمال. وفعلا، يمكن للثقب الأسود أن يشع جهاز تلفزيون أو مؤلفـات براوسـت في عشرة مجلدات، لكن عدد تشكيلات الجسـيمات المطابقـة لهـذه الإمكانيـات المسـتهجنة أصغر مما يمكن وصفـه. فغالبـا، يطـابق العـدد الأعظمـي للتشـكيلات إشـعاعا ذا طيـف حراري تقريبا.

يتمتع الإشعاع من الثقوب السوداء بدرجة إضافية من الارتياب أو اللاتنبؤية، وذلك علاوة على ما هو معروف عادة في ميكانيك الكم. في الميكانيك الكلاسيكي، يمكن لنـا التنبؤ الدقيق بنتيجة قياس كل من موضع الجسيم وسـرعته في آن واحـد. وفي ميكـانيك الكم، يقول مبدأ الارتياب إن واحدة من نتائج تلك القياسـات يمكـن التنبـؤ بهـا بدقـة، لكن على حساب عدم الدقة في الأخرى. لذلك فإن مقدرة الراصـد علـى القيـام بـالتنبؤ تنخفض إلى النصف. أما عندما يأتي الأمر إلى الثقوب السوداء، فإن الحالة تصبـح أسـوأ من ذلك. فبما أن الجسيمات الصادرة عن الثقب الأسود تخرج من منطقـة ليـس لـدى الراصد سوى معرفة محدودة جدا عنها، فإنه لايستطيع بالتأكيد التنبؤ بموضـع الجسـيم أو سـرعته، ولا حتـى بـأي تركيـب لهمـا. وكـل مايمكنـه التنبـؤ بـه هـو احتمـال إشـعاع جسيمات معينة.

١١ - الثقوب السوداء والأكوان الطفلة *

أصبح السقوط في ثقب أسود واحدا من أشكال الرعب المتداولة في روايات الخيال العلمي، إلا أن الثقوب السوداء هي اليوم موضوع حقائق علمية فعلية، لا خيال علمي فحسب. وكما سأفصِّل لاحقا ، هناك أسباب جيدة للتنبؤ بوجوب وجود الثقوب السوداء، فالأدلة الرصدية تشير بقوة إلى وجود عدد منها في مجرتنا نفسها، وأكثر من ذلك في المجرات الأخرى.

في الواقع، إن أكثر ما يهتم به كتَّاب روايات الخيال العلمي هو ما يحصل للمرء إن سقط في ثقب أسود. وأحد التصورات الشائعة حول الموضوع هو أنه إذا كان الثقب الأسود دوّارا، تستطيع الدخول عبر ثقب صغير في الزمكان لتخرج منه إلى منطقة أخرى من الكون. تفتح هذه الأفكار إمكانيات هائلة للسفر عبر الفضاء؛ وفي الواقع، سنحتاج إلى ما يشبه ذلك إذا كنا نرغب بأن يكون السفر إلى النجوم أو إلى المجرات الأخرى عمليا في المستقبل. خلافا لذلك، فإن حقيقة أن لاشيء يستطيع السير بسرعة تفوق سرعة الضوء تعني أن رحلة الذهاب والإياب إلى أقرب النجوم تستغرق ما لايقل عن ثماني سنوات. فما رأيك بقضاء عطلة نهاية الأسبوع في قنطورُس! من ناحية أخرى، إذا أمكن للمرء المرور عبر ثقب أسود، قد يستطيع الظهور في أي مكان آخر من الكون؛ لكن أن يختار ذلك المكان، فإنه أمر غير واضح: قد تخرج لقضاء العطلة في برج العذراء، فإذا بك تجد نفسك في سديم السرطان.

يؤسفني أن أخيب آمال المتطلعين إلى السياحة المجراتية، فذلك السيناريو ليس صالحا: إذا قفزت في ثقب أسود، فسوف تتمزق إلى أشلاء وتنسحق من الوجود نهائيا. إلا أن ثمة معنى ما للقول إن الجسيمات التي يتكون منها جسدك سوف تظهر في كون آخر. ولست أدري إن كان هناك عزاء لمن يتحول إلى سباغتي في الثقب الأسود إن علم أن جسيمات جسده يمكن أن تنجو.

* محاضرة ألقيتها في جامعة كاليفورنيا في عام ١٩٨٨ .

على الرغم من صفة الثرثرة التي اتسم بها كلامي، فإن هذه المقالة تقوم على علم ثابت. فمعظم ما أقوله هنا متفق عليه من قبل العلماء الآخرين العاملين في هذا المجال، وإن كان هذا الاتفاق لم يقم إلا مؤخرا نسبيا. أما عن الجزء الأخير من المقالة فيستند إلى عمل جديد لايوجد حياله اتفاق عام حتى الآن، مع أنه قد أثار الكثير من الاهتمام والدهشة.

يعود مفهوم ماندعوه اليوم بالثقوب السوداء إلى أكثر من مئتي عام، إلا أن تسمية *الثقب الأسود* كانت بدعة الفيزيائي الأمريكي جون ويلر في عام ١٩٦٧. وقد كانت ضربة معلم: فقد ضمنت هذه التسمية دخول الثقوب السوداء أساطير الخيال العلمي، كما حرضت على البحث فيها بتوفير اسم محدد لشيء لم يكن له من قبل عنوان مُرضٍ. يجب ألاَّ نقلل من أهمية الاسم الجيد في العلم.

إن أول شخص قام بمناقشة مسألة الثقوب السوداء، حسبما أعلم، هو رجل من كامبريدج يدعى جون ميتشل، حيث كتب مقالة عنها في عام ١٧٨٣، وكانت فكرته كما يلي. افترض أنك أطلقت قذيفة مدفع شاقوليا نحو الأعلى من سطح الأرض. في أثناء صعودها، سوف تتباطأ بفعل الثقالة، وفي نهاية الأمر، سوف تتوقف عن الصعود إلى الأعلى وسوف تعود وتسقط على الأرض. لكنها إذا انطلقت بدايةً بسرعة تزيد عن قيمة حرجة، فإنها لن تتوقف عن الصعود، بل تتابع حركتها مبتعدة إلى الأعلى. تدعى هذه السرعة الحرجة *سرعة الانفلات*، وتقدر بنحو سبعة أميال في الثانية بالنسبة للأرض، وبحوالي مئة ميل في الثانية بالنسبة للشمس. إن كلاً من هاتين السرعتين تفوق سرعة قذيفة المدفع، ولكنهما تقلان كثيرا عن سرعة الضوء التي تساوي ١٨٦٠٠٠ ميلا في الثانية. هذا يعني أنه ليس للثقالة تأثير كبير على الضوء. فالضوء يستطيع الفرار من الأرض أو الشمس دون أي صعوبة. وتابع ميتشل معللا أنه من الممكن أن يكون هناك نجم ذو كتلة كبيرة وذو حجم صغير أيضا بما يكفي لتكون سرعة الانفلات منه أعلى من سرعة الضوء. عندئذ لن يكون بإمكاننا رؤية مثل هذا النجم، وذلك لعدم إمكانية صدور الضوء عنه، لأنه يُشد إلى الخلف بتأثير الحقل الثقالي للنجم. لكننا قد نكون قادرين على كشف وجوده من خلال تأثير حقله الثقالي على المادة القريبة منه.

لا يجوز لنا في الواقع معاملة الضوء كما نعامل قذيفة المدفع. فبناءً على تجربة أجريت في عام ١٨٨٧، يتحرك الضوء دائما بسرعة ثابتة. فكيف يمكن للثقالة أن تُبطئ الضوء؟

إن النظرية المتماسكة التي تري كيفية تأثير الثقالة على الضوء لم تأتِ حتى عام ١٩١٥، عندما صاغ آينشتاين نظرية النسبية العامة. ومع ذلك، لم تُفهم مضامين هذه النظرية حيال النجوم القديمة والأجسام الكبيرة الأخرى عموما حتى الستينيات من القرن العشرين.

بناءً على النسبية العامة، يمكن النظر إلى كل من المكان والزمان على أنهما يشكلان معا فضاء رباعي الأبعاد يدعى الزمكان. وهذا الفضاء ليس مسطحا، بل مشوها ومحدبا بتأثير المادة والطاقة فيه. إننا نلاحظ هذا التحدب في انحناء أشعة الضوء أو الأمواج الراديوية التي تعبر بالقرب من الشمس في طريقها إلينا. ففي حالة الضوء المار بالقرب من الشمس، يكون الانحناء صغيرا جدا. لكن لو أن الشمس انقبضت بحجمها لتصبح ذات قطر يساوي بضعة أميال فقط، فإن الانحناء يكون هائلا وكافيا لجعل الضوء الصادر عنها ينكفئ ليعود إليها، وذلك بتأثير حقلها الثقالي. وبناءً على نظرية النسبية أيضا، لاشيء يتحرك بسرعة تزيد عن سرعة الضوء. لذلك ستكون هناك منطقة يستحيل هروب أي شيء منها. تدعى هذه المنطقة بالثقب الأسود، وتدعى حدودها بأفق الأحداث، وهي تتشكل من الضوء الذي أخفق في الخروج من الثقب الأسود، لكنه لم يعد إليه، بل بقي محوما على تخومه.

قد يبدو أمرا سخيفا أن نفترض أن الشمس يمكن أن تنقبض لتصبح بقطر لايتعدى بضعة الأميال، وقد يظن بعضهم أنه لا يمكن للمادة أن تنضغط إلى ذلك الحد. إلا أنه قد ثبت أن ذلك ممكن الحدوث.

تأخذ الشمس الحجم الذي هي عليه لأنها ساخنة. فهي تحرق الهيدروجين محولة إياه إلى هيليوم، على غرار القنبلة الهيدروجينية المتحكم بها. وتولد الحرارة الناتجة عن هذه العملية ضغطا يسمح للشمس بمقاومة التجاذب الناجم عن ثقالتها الذاتية، التي تحاول جرها نحو الانقباض.

وفي نهاية المطاف، سينفد الوقود النووي في الشمس؛ لكن ذلك لن يحصل قبل خمسة مليارات سنة أخرى، ولذلك ليس هناك من ضرورة للاستعجال في حجز مقعد طائرة إلى نجم آخر. لكن النجوم الأكبر كتلة من الشمس سوف تحرق وقودها بسرعة أكبر كثيرا؛ ولدى نفاد وقودها، تبدأ بفقدان سخونتها وتأخذ بالانقباض. فإذا كانت كتلة النجم أقل من ضعفي كتلة الشمس، سيتوقف عن متابعة الانقباض ليبقى في حالة

مستقرة. تدعى إحدى هذه الحالات بالقزم الأبيض، حيث يكون له نصف قطر من رتبة بضعة آلاف الأميال وكثافة من رتبة عدة أطنان للإنش المكعب. والحالة المستقرة الأخرى هي حالة النجم النيوتروني، الذي له نصف قطر من رتبة عشرات الأميال وكثافة من رتبة ملايين الأطنان للإنش المكعب.

إننا نرى عددا كبيرا من الأقزام البيض في الجوار القريب منا في المجرة؛ كما تم رصد النجوم النيوترونية عام ١٩٦٧، بعد أن اكتشفت جوسلين بل مع أنتوني هيويش في كامبريدج أجساما تدعى النبَّاضات التي تشع نبضات منتظمة من الأمواج الراديوية. في البداية، تساءلا مندهشين عما إذا كانا قد أقاما اتصالا مع حضارة غريبة في الفضاء. إنني أتذكر حقا أن قاعة المحاضرات التي أعلنا فيها عن اكتشافهما كانت مزينة بصور لرجال خضر صغار. لكنهما توصلا في النهاية مع جميع الآخرين إلى استنتاج أقل رومانسية ومفاده أن هذه الأجسام هي نجوم نيوترونية. لقد كانت هذه أخبارا سيئة لكتاب أفلام سينما الفضاء، ولكنها أخبار جيدة بالنسبة للقلة من أمثالنا الذين اعتقدوا بوجود الثقوب السوداء آنئذ. فإذا كانت النجوم قابلة للانقباض إلى الحد الذي يكون فيه قطرها مساويا عشرةً أو عشرين من الأميال لتصبح نجوما نيوترونية، يمكن للمرء أن يتوقع أن تنقبض نجوم أخرى على نحو أشد لتصبح ثقوباً سوداء.

لا يستطيع النجم ذو الكتلة التي تزيد عن ضعفي كتلة الشمس أن يستقر في حالة القزم الأبيض أو النجم النيوتروني . وقد ينفجر النجم في بعض الحالات ويقذف من مادته بعيدا ما يكفي لجعل كتلته أصغر من الحد المذكور . لكن هذا لايحصل في جميع الحالات. وتصبح النجوم الأخرى على درجة من الصغر تجعل الحقل الثقالي يحني أشعة الضوء على نحو تعود فيه إلى النجم. عندئذ، لا يمكن للضوء أو لأي شيء آخر الهروب، فقد تحول النجم إلى ثقب أسود.

إن قوانين الفيزياء متناظرة زمنيا. فإذا كانت هناك أجسام تدعى الثقوب السوداء يمكن للأشياء السقوط فيها بلا عودة، فإنه يجب أن تكون هناك أجسام تخرج منها الأشياء لكن لايسقط فيها شيء. عندئذ، يمكن أن ندعو مثل هذه الأجسام *الثقوب البيضاء*. هنا يمكن للمرء افتراض إمكانية القفز في ثقب أسود في مكان ما ليخرج من ثقب أبيض في مكان آخر. وقد يكون هذا هو السبيل الأمثل للسفر الفضائي إلى مسافات بعيدة. فكل ما تحتاجه هو أن تجد ثقبا أسود قريبا منك.

بدا هذا النوع من السفر الفضائي ممكنا. فهناك حلول لنظرية النسبية العامة يمكن فيها السقوط في ثقب أسود ومن ثم الخروج من ثقب أبيض. لكن الأعمال التالية بينت أن هذه الحلول جميعها غير مستقرة: فالاضطراب الضئيل، كوجود سفينة الفضاء مثلا، قد يدمر *أخدود الدودة* أو المعبر الذي يصل بين الثقب الأسود والثقب الأبيض، وتتمزق سفينة الفضاء أشلاء بتأثير قوى لانهائية الشدة.

وخاب الأمل بعدئذ. قد تكون الثقوب السوداء مفيدة في التخلص من النفايات، أو حتى من بعض الأصدقاء: إنها بلاد لايعود منها مسافر. كل ما قلته حتى الآن يستند إلى حسابات باستخدام نظرية النسبية العامة لآينشتاين. إن هذه النظرية على توافق تام مع الأرصاد الت قمنا بها كلها. لكننا نعلم أيضا أنها لا يمكن أن تكون صحيحة تماما لأنها لاتأخذ مبدأ الارتياب بالحسبان. يقول مبدأ الارتياب إنه لا يمكن أن يكون للجسيمات موضع محدد تماما وسرعة محددة تماما في آن معا. فكلما كانت دقة قياس موضع الجسيم أكبر، كانت دقة قياس سرعته أقل، والعكس صحيح .

في عام ١٩٧٣، بدأت باستقصاء الاختلافات التي يدخلها مبدأ الارتياب على الثقوب السوداء، وما أدهشني عندئذ وأدهش غيري هو أنني وجدت أن الثقوب السوداء ليست سوداء تماما، فهي تستطيع إصدار إشعاعات وجسيمات بمعدل ثابت. واستُقبلت نتائجي بعدم تصديق شامل عندما أعلنتها في مؤتمر بالقرب من أوكسفورد، لكن عندما كرر أشخاص آخرون حساباتي، توصلوا إلى النتيجة نفسها، مما جعل الجميع يقرون في نهاية المطاف بأنني كنت على صواب.

كيف يمكن للإشعاع أن يفر من الثقب الأسود ؟ إن هناك عددا من الطرق لفهم ذلك، جميعها متكافئة في نتائجها، على الرغم من أنها تبدو مختلفة فيما بينها. أحد هذه السبل هو أن تدرك أن مبدأ الارتياب يسمح للجسيمات بالتحرك بسرعة تفوق سرعة الضوء إلى مسافة قصيرة، وهذا يمكّن الجسيمات والإشعاع من الخروج عبر أفق الأحداث والانفلات بعيدا عن الثقب الأسود. لذلك، يمكن للأشياء الخروج من الثقب الأسود. لكن ما يخرج من الثقب سيختلف تماما عما يسقط فيه: الطاقة وحدها تبقى نفسها.

يفقد الثقب الأسود كتلته بإصداره الجسيمات والإشعاع، مما يؤدي به إلى التقلص تدريجيا وبالتالي إلى إصدار الجسيمات على نحو أسرع. وفي نهاية الأمر، تصبح كتلته

مساوية الصفر، ويختفي كليا. ماذا يحصل عندئذ للأجسام من سفينة الفضاء وسواها، التي سبق وسقطت في هذا الثقب؟ إن جوابي عن ذلك، وبناءً على عمل أخير لي، هو أنها سوف تذهب إلى *كون طفل* صغير خاص بها: كون صغير مكتف ذاتيا يتفرع عن منطقتنا من الكون. قد يعود هذا الكون الطفل إلى الانضمام ثانية إلى منطقتنا من الزمكان. فإن فعل، فسيبدو لنا كثقب أسود آخر قد تشكل ثم تبخر. والجسيمات التي سقطت في ثقب أسود، تبدو كجسيمات مشعة من الثقب الآخر.

يبدو هذا وكأنه المطلوب للسماح بالسفر الفضائي عبر الثقوب السوداء. فكل ما عليك هو أن توجه سفينة فضاء نحو الثقب الأسود المناسب؛ ويفضل أن تكون السفينة كبيرة نسبيا، وإلا سوف تتمزق إربا بقوى الحقول الثقالية لتتحول إلى سباغتي قبل أن تدخل الثقب. وعليك بعدئذ أن ترجو أن تظهر من ثقب آخر، علما بأنك لن تكون قادرا على اختيار مكانه.

ثمة عيب في هذا المخطط للسفر الكوني. فالأكوان الطفلة التي تأخذ الجسيمات التي وقعت في الثقب الأسود تحصل فيما يدعى بالزمن التخيلي. في الزمن الحقيقي، يصل رجل الفضاء الذي يسقط في الثقب الأسود إلى نهاية بغيضة مؤلمة: فهو يتمزق بسبب الفرق بين القوى الثقالية المطبقة على رأسه وتلك المطبقة على قدميه. حتى الجسيمات التي يتكون منها جسده لن تنجو من الانسحاق، فتواريخها في الزمن الحقيقي ستنتهي في متفرد. لكن تواريخ الجسيمات في الزمن التخيلي سوف تستمر، حيث تعبر إلى كون طفل ومن ثم تعود للظهور كجسيمات أشعَّها ثقب أسود آخر. لذلك، وبمعنى ما، سيكون رجل الفضاء قد انتقل إلى منطقة أخرى من الكون؛ لكن الجسيمات التي تظهر لا تبدو شبيهة به، ومعرفته بنجاتها في الزمن التخيلي لاتوفر له أي عزاء، لأنه هوى في المتفرد في الزمن الحقيقي. إن على من يسقط في الثقب الأسود أن يتخذ الشعار: فكِّرْ تخيُّليا.

ما الذي يحدد المكان الذي تعود الجسيمات للظهور فيه؟ إن عدد الجسيمات في الكون الطفل يساوي عدد الجسيمات التي سقطت في الثقب الأسود، يضاف إليه عدد الجسيمات التي يشعها هذا الثقب في أثناء تبخره. هذا يعني أن الجسيمات التي تسقط في ثقب أسود سوف تخرج من ثقب آخر له الكتلة نفسها تقريبا. لذلك ، يمكن للمرء أن يحاول أن يختار مكان عودة الجسيمات للظهور بإيجاد ثقب أسود ذي كتلة مساوية

لكتلة الثقب الذي وقعت فيه الجسيمات. لكن الثقب الأخير يستطيع أن يعطي بالاحتمال نفسه أي مجموعة أخرى من الجسيمات ذات الطاقة نفسها. حتى لو أشع الثقب الأسود جنس الجسيمات نفسها، لا يمكن للمرء أن يقرر ما إذا كانت فعلاً هي ذاتها التي سقطت في الثقب الأول. فالجسيمات لا تحمل هوية، وكل الجسيمات من الجنس نفسه تبدو متماثلة.

إن ما يعنيه هذا هو أن الذهاب عبر ثقب أسود ليس مرشحاً ليكون طريقة مرضية وموثوقة للسفر الكوني. فأولاً، عليك أن تذهب مسافراً في الزمن التخيلي دون أن تقلق من أن تاريخك في الزمن الحقيقي قد بلغ نهاية مؤلمة؛ وثانياً، لا يمكنك اختيار المكان الذي ستنتهي إليه.

على الرغم من عدم إمكانية استخدام الأكوان الطفلة للسفر الفضائي، فإن لها مضامين هامة تخص محاولاتنا لإيجاد نظرية موحدة كاملة تصف كل شيء في الكون. فنظرياتنا الحالية تحتوي على عدد من المقادير، كمقدار الشحنة الكهربائية التي يحملها الجسيم، التي لايمكن التنبؤ بها بوساطة تلك النظريات، ولذلك يتم اختيارها على نحو يتفق مع الأرصاد التجريبية. إلا أن معظم العلماء يعتقدون بوجود نظرية موحدة أساسية تستطيع التنبؤ بقيم تلك المقادير.

قد تكون هناك نظرية أساسية فعلاً، وأقوى مرشح لها حالياً هو ما يدعى ***نظرية الأوتار الفائقة***. وموجز هذه النظرية هو أن الزمكان مملوء بحلقات صغيرة على شكل قطع وترية، وما نظن أنها جسيمات أساسية هي فعلاً تلك الحلقات الصغيرة التي تهتز بطرق مختلفة. لا تتضمن النظرية أي أرقام يمكن ضبط قيمها؛ لذلك نتوقع أن تكون هذه النظرية الموحدة قادرة على التنبؤ بقيم المقادير جميعها، كالشحنة الكهربائية في الجسيم، والتي بقيت غير معينة في نظرياتنا الحالية. وعلى الرغم من عدم تمكننا حتى الآن من التنبؤ بأي من هذه المقادير بوساطة نظرية الأوتار الفائقة، فإن الكثيرين يعتقدون بأننا سنكون قادرين على ذلك في النهاية.

لكن إذا كانت صورة الأكوان الطفلة هذه صحيحة، سوف تنخفض قدرتنا على التنبؤ بتلك المقادير. هذا لأننا لانستطيع رصد عدد الأكوان الطفلة الموجودة في حالة انتظار للعودة إلى الانضمام إلى منطقتنا من الكون. فقد تكون هناك أكوان طفلة

لاتحتوي إلا على بضعة جسيمات؛ إن هذه الأكوان ضئيلة إلى درجة لايمكن معها ملاحظة انضمامها إلينا أو تفرعها عنا. لكنها لدى انضمامها، سوف تغير من القيم الظاهرية للمقادير من أمثال الشحنة الكهربائية للجسم. لذلك، لن نكون قادرين على التنبؤ بالقيم الظاهرية التي سوف تأخذها تلك المقادير، لأننا لانعرف عدد الأكوان الطفلة التي تنتظر. قد يحصل انفجار سكاني للأكوان الطفلة، لكنه ليس كالانفجار السكاني البشري، إذ ليس هناك على مايبدو عوامل كبح مثل الازدحام أو توفر الغذاء. إن الأكوان الطفلة موجودة في مملكة خاصة بها، والسؤال عنها كالسؤال عن عدد الملائكة الذين يستطيعون الرقص على رأس دبوس.

تسبب الأكوان الطفلة ارتيابا محددا في القيم المتنبأ بها لمعظم المقادير، وإن كان هذا الارتياب صغيرا نسبيا. مع ذلك، يمكنها أن توفر تفسيرا لقيمة تم رصدها لأحد المقادير العالية الأهمية: وهو ما يدعى *الثابت الكوني*. إنه حد في معادلات النسبية العامة يعطي الزمكان نزوعا ذاتيا نحو التوسع أو الانقباض. لقد اقترح آينشتاين قيمة صغيرة جدا للثابت الكوني، آملا بذلك موازنة نزوع المادة نحو جعل الكون في حالة انقباض. واختفى هذا الدافع عندما تم اكتشاف أن الكون في حالة توسع، لكن لم يكن التخلص من الثابت الكوني سهلا. قد يتوقع المرء أن تعطي الاضطرابات الطفيفة المتضمنة في ميكانيك الكم ثابتا كونيا ذا قيمة كبيرة جدا، لكننا نلاحظ كيف أن توسع الكون يتغير مع الزمن محددا بذلك قيمة صغيرة جدا له؛ وليس هناك حتى الآن ما يفسر وجوب هذه القيمة الصغيرة على نحو مُرض. لكن الأكوان الطفلة المتفرعة عنا والمنضمة إلينا سوف تؤثر على القيمة الظاهرية للثابت الكوني، وبما أننا لانعلم عدد الأكوان الطفلة الموجودة، ستكون هناك قيم مختلفة ممكنة لتلك القيمة الظاهرية. إلا أن القيمة القريبة من الصفر ستكون غالبا هي الأعلى احتمالا، وهذا من حسن حظنا، لأن الكون لن يكون مناسبا لكائنات من أمثالنا إن لم تكن قيمة الثابت الكوني صغيرة جدا.

لإيجاز ما سبق أقول: يبدو أن الجسيمات يمكن أن تسقط في الثقوب السوداء التي تتبخر بعدئذ وتختفي من منطقتنا من الكون، وتذهب الجسيمات إلى أكوان طفلة تتفرع عن كوننا، وتعود هذه الأكوان الطفلة للانضمام إلى الكون في مناطق أخرى. قد لاتكون الأكوان الطفلة ملائمة للسفر الفضائي، إلا أن وجودها يعني أننا سنكون أقل قدرة على التنبؤ مما نتوقع، حتى وإن عثرنا على نظرية موحدة كاملة. من ناحية أخرى،

قد نكون الآن قادرين على تقديم تفسير للقيم المقاسة لبعض المقادير كالثـابت الكونـي، خاصة وأن الكثيرين قد بدأوا في السنوات الأخيرة بالعمل في مجـال الأكـوان الطفلـة. لا أظن أن أحـدا منهـم سوف يجمـع ثـروة مـن تسـجيل اخـتراع لاسـتخدامها في السـفر الفضائي، لكن يكفي أنها أصبحت مجالا مثيرا للبحث العلمي.

١٢- هل كل شيء محتــوم ؟ *

في مسرحية *يوليوس قيصر*، يقول كاسيوس لبروتوس: الناس أحيانا هم سادة أقدارهم. فهل نحن فعلا سادة أقدارنا ؟ أم أن كل شيء نفعله محدد ومرسوم سلفا ؟ كانت حجة أن كل شيء مرسوم ومحدد سلفا تستند إلى أن الله واسع القدرة وخارج الزمن، لذلك يعلم ما سوف يحصل . فكيف إذن تكون لنا إرادة حرة؟ وإذا لم تكن لدينا إرادة حرة، كيف نكون مسؤولين عن تصرفاتنا؟ إنه لمن الصعب اعتبار المرء مخطئا إن كان قد كُتب له أن يسرق ؛ فلماذا يعاقب على ذلك ؟

في هذه الأيام، تستند مسألة الحتمية إلى العلم؛ إذ يبدو أن هناك قوانين مُعرَّفة تماما تحكم تطور الكون وكل شيء فيه. وعلى الرغم من أننا لم نجد حتى الآن الصيغة الدقيقة تماما لهذه القوانين، فإننا عمليا نعرف ما يكفي لتحديد ما يحصل في معظم الحالات باستثناء تلك الأكثر تطرفا. أما ما إذا كنا سنجد القوانين المتبقية في المستقبل القريب نسبيا، فإن ذلك هو رأي شخصي صرف. أنا متفائل، وأظن أن هناك احتمالا مقداره خمسون بالمئة لعثورنا عليها في غضون العشرين سنة القادمة. حتى لو لم يحصل ذلك، فإن الأمر لن يكون مختلفا. فالقضية الهامة هي أنه يجب أن تكون هناك مجموعة من القوانين تحدد تماما تطور الكون اعتبارا من حالته البدئية. قد تكون هذه القوانين قد رسمت من قبل الله الذي يبدو أنه لا يتدخل في أمور الكون ليخرق تلك القوانين. وقد تكون التشكيلة البدئية للكون قد اختيرت من قبل الله، وقد تكون قد تحددت بموجب قوانين العلم. وفي الحالتين، يبدو أن كل شيء في الكون قد رسم تطوريا وفقا لقوانين العلم، ولذلك يبدو صعبا أن نرى أننا سادة أقدارنا.

تؤدي فكرة وجود *نظرية موحدة عظمى* تحدد كل شيء في الكون إلى الكثير من المصاعب. فأولا، يُفترض أن تكون النظرية الموحدة العظمى مختزلة وأنيقة بتعابيرها الرياضية. يجب أن يكون هناك شيء خاص وبسيط حيال نظرية كل شيء. فكيف يمكن عندئذ لعدد ضئيل من المعادلات الرياضية احتساب التعقيدات الكبيرة والتفاصيل

* محاضرة ألقيتها في جامعة كامبريدج في نيسان من عام ١٩٩٠ .

التافهة التي نراها حولنا؟ هل يمكن أن يعتقد المرء فعلا بأن النظرية الموحدة العظمى قد حددت أن سينياد أوكونر سيكون على رأس قائمة المغنين هذا الأسبوع، أو أن مادونا سوف تظهر على غلاف مجلة كوزموبوليتان؟

الصعوبة الثانية في فكرة أن كل شيء محدد بوساطة النظرية الموحدة العظمى هي أن كل شيء نقوله محدد أيضا بوساطة النظرية نفسها. فلماذا يتحدد أن يكون صحيحا ؟ أليس هناك احتمال عال لأن يكون خطأ، حيث أن ثمة عددا كبيرا من المقولات الممكنة المغلوطة مقابل كل مقولة صحيحة ؟ في كل أسبوع يحمل البريد عدداً من النظريات التي يرسلها الناس إليَّ، وجميع هذه النظريات يختلف بعضها عن بعضها الآخر، ومعظمها غير متوافقة فيما بينها. من المفترض أن النظرية الموحدة العظمى قد حددت أن يظن مؤلفو تلك النظريات أنهم على صواب. فلماذا يجب أن تكون لأي شيء أقوله مشروعية أكبر؟ ألستُ أيضا مرسوما بالنظرية الموحدة العظمى؟

والصعوبة الثالثة هي أننا نشعر بأن لدينا إرادة حرة، أي حرية اختيار فعل شيء ما. لكن إذا كان كل شيء محدداً بقوانين العلم، فإن الإرادة الحرة ليست سوى وهم؛ وإذا لم تكن لدينا إرادة حرة، فما هو الأساس الذي تستند إليه مسؤليتنا عن تصرفاتنا؟ إننا لا نعاقب الناس على جرائم إن كانوا قاصرين عقليا، لأننا قررنا أنهم لايستطيعون تحمل المسؤولية. فإذا كنا جميعا محددين بالنظرية الموحدة العظمى، فليس منا من هو مسؤول عما يفعله؛ فلماذا يجب تحميل الناس مسؤولية ما يفعلونه ؟

لقد نوقشت مسألة الحتمية عبر القرون، وكانت المناقشة بعيدة عن الواقع إلى حد ما، لأننا كنا بعيدين عن المعرفة الكاملة بقوانين العلم، كما أننا لم نكن نعلم الكيفية التي تحددت بها الحالة البدئية للكون. لكن المسألة أصبحت اليوم أكثر إلحاحا بسبب إمكانية إيجاد نظرية موحدة كاملة في غضون ما لايزيد عن عشرين عاما، علاوة على أننا ندرك أن الحالة البدئية للكون قد تكون رُسمت بقوانين العلم. فيما يلي سأعرض محاولتي الشخصية لمعالجة هذه المشاكل. إنني لا أدعي أية أصالة عظيمة أو أي عمق، وما أقدمه هو أفضل ما أستطيع فعله في الوقت الراهن.

لنبدأ بالمشكلة الأولى. كيف يمكن لنظرية مختزلة وبسيطة نسبيا أن تؤدي إلى كون بهذا التعقيد الذي نراه، وإلى كل ما فيه من تفاصيل تافهة غير هامة ؟ إن المفتاح إلى ذلك هو مبدأ الارتياب في ميكانيك الكم، الذي ينص على عدم إمكانية قياس كل من

موضع الجسيم وسرعته بدقة تامة في آن معا. فكلما كان قياس الموضع أكثر دقة، كان قياس السرعة أقل دقة، والعكس صحيح. إن هذا الارتياب ليس هاما في الحقبة الراهنة، حيث تباعدت الأشياء بعضها عن بعض، الأمر الذي يجعل الارتياب الضئيل في الموضع غير ذي شأن. لكن في الطور المبكر جدا للكون، كان كل شيء شديد القرب من الأشياء الأخرى، وكان هناك الكثير من الارتياب، وبالتالي كان هناك عدد من الحالات الممكنة للكون. وتطورت هذه الحالات البدئية المختلفة في أسرة كاملة من التواريخ المختلفة؛ وجُلُّ هذه التواريخ متشابه من حيث خصائصها الخشنة على النطاق الواسع، وهي توافق كونا كان ناعما متجانسا، كما كان متوسعا. لكنها تختلف من حيث التفاصيل كتوزع النجوم فيها. إن تعقيد الكون وتفاصيله التي نراها نجمت عن مبدأ الارتياب في المراحل المبكرة من نشأة الكون، وهذا يعطي أسرة كاملة من التواريخ الممكنة له. هناك تاريخ كسب فيه النازيون الحرب العالمية الثانية، على الرغم من احتماله ضعيف؛ ومن ناحيتنا، كان مصادفة أننا نعيش في تاريخ كسب فيه الحلفاء الحرب وظهرت صورة مادونا على غلاف مجلة الكوزموبوليتان.

سألتفت الآن إلى المشكلة الثانية: إذا كان ما نفعله محددا بنظرية موحدة عظمى ما، فلماذا تحدد النظرية أن يكون أي شيء نقوله مشروعا؟ إن جوابي عن هذا يستند إلى فكرة داروين في الانتقاء الطبيعي. لنعتبر أن شكلا بدائيا جدا من الحياة قد نجم تلقائيا على الأرض من تشكيلات ذرية اعتباطية. ربما كانت هذه الصيغة المبكرة للحياة جزيئا كبيرا مختلفا عن جزيء الـ DNA، لأن احتمال تشكُّل DNA كامل من تراكيب عشوائية صرفة ضعيف جدا.

وأعادت الصيغة الأولى للحياة إنتاج ذاتها، بمعنى أنها تكاثرت. لكن مبدأ الارتياب الكمومي والحركة الحرارية العشوائية للذرات يعنيان وجود عدد معين من الأخطاء في عملية التكاثر، وجلُّ هذه الأخطاء كان حاسما لاستمرار بقاء المتعضي الناتج ولقابليته للتكاثر. لا تُمرَّر هذه الأخطاء إلى الأجيال اللاحقة بل تموت وتتلاشى؛ لكن عددا ضئيلا منها يكون مفيدا بالمصادفة الصرفة. فالمتعضي الذي يحمل هذه الأخطاء يتمتع باحتمال أعلى للبقاء والتكاثر، وبذلك يميل إلى الحلول في مكان المتعضي الأصلي غير المحسَّن.

قد تكون بنية الـ DNA ذات الحلزون المزدوج واحدة من مثل هذه التحسينات التي حصلت في المراحل المبكرة لظهور الحياة. وربما كان هذا تقدما أتاح استبدال صيغة الحياة الأولى كليا، مهما تكن تلك الصيغة. وقاد استمرار التطور إلى تكوُّن النظام العصبي المركزي؛ وظهرت المخلوقات التي أدركت على نحو صائب مضامين المعلومات التي تجمعت لديها من خلال حواسها، وقامت باتخاذ الإجراء الملائم حيالها، وبذلك كانت هي الأوفر حظا في البقاء والتكاثر. وحمل النوع البشري هذا الأمر إلى مرحلة أبعد من ذلك. فنحن مشابهون جدا للقردة المتطورة من حيث أجسامنا ومن حيث الـ DNA؛ إلا أن تغيرا طفيفا في الـ DNA مكَّننا من تطوير اللغة، الأمر الذي مكَّننا من تمرير المعلومات والخبرة المكتسبة من جيل إلى جيل، وذلك بصيغة محكية في البداية، ثم بصيغة مكتوبة. قبل ذلك، كانت نتائج الخبرة المكتسبة تنتقل فقط من خلال العملية البطيئة لترميزها في الـ DNA بوساطة الأخطاء العشوائية في التكاثر. لقد استغرقت الحياة أكثر من ثلاثة مليارات سنة في التطور لتصل إلى الجنس البشري، لكن في غضون عشرة آلاف السنة السابقة، طور الإنسان اللغة المكتوبة، وهذا ما مكَّنه من التحول من ساكن كهوف إلى مُتسائل عن النظرية النهائية للكون.

لم يكن هناك تطورٌ حيويٌ ذو مغزى، ولا تغيرٌ في الـ DNA البشري، خلال عشرة آلاف السنة السابقة. لذلك، فإن ذكاءنا ومقدرتنا على التوصل إلى الاستنتاجات الصحيحة من خلال المعلومات التي توفرت عبر حواسنا، يجب أن تكون قديمة قِدَم سلفنا ساكن الكهوف أو أقدم من ذلك. فقد تم انتخابها على أساس مقدرتنا على قتل بعض الحيوانات من أجل الغذاء، وعلى تجنب أن نُقتل من قبل حيوانات أخرى. وإنه لأمر مدهش أن تكون تلك الخصائص العقلية التي انتُخبت لتلك الأغراض قد جعلتنا نافعين في أيامنا الراهنة ذات الظروف الشديدة الاختلاف عن ظروف إنسان الكهف. قد لاتكون ثمة فائدة كبيرة لخاصية البقاء يمكن أن نربحها من اكتشاف نظرية موحدة عظمى أو من الإجابة على التساؤلات حول الحتمية. إلا أن الذكاء الذي طورناه لأسباب أخرى قد يتضمن عثورنا على الإجابات الصحيحة لهذه الأسئلة.

وننتقل الآن إلى المشكلة الثالثة، وهي مسألة الإرادة الحرة والمسؤولية عن تصرفاتنا. نحن نشعر، وعلى أساس شخصي لاموضوعي، بأننا قادرون على اختيار من نكون وماذا نفعل؛ لكن قد لايكون هذا سوى وهم. فبعض الأشخاص يظنون أنهم المسيح أو

نابليون، إلا أنهم ليسوا على صواب. إن ما نحتاجه هنا هو اختبار موضوعي نستطيع تطبيقه من خارجنا لتمييز ما إذا كان لمتعضٍّ ما إرادة حرة. فمثلا، افترض أنه قد أتى لزيارتنا رجل صغير أخضر من نجم آخر؛ كيف يمكننا أن نقرر ما إذا كان يتمتع بإرادة حرة أو أنه ليس سوى روبوت مبرمج ليتصرف كما لو كان يشبهنا؟

يبدو أن الاختبار الموضوعي الأساسي للإرادة الحرة يكمن في السؤال التالي: هل نستطيع التنبؤ بتصرفات المتعضي؟ إذا استطعنا التنبؤ بها، لايكون المتعضي متمتعا بالإرادة الحرة وضوحا، بل يكون محكوما بالحتمية. من ناحية أخرى، إذا لم نستطع القيام بذلك التنبؤ، يمكننا عندئذ اعتماد هذه الحقيقة كتعريف عملي للإرادة الحرة.

قد يعترض بعضهم على هذا التعريف للإرادة الحرة على أساس أننا عندما نجد النظرية الموحدة الكاملة سنكون قادرين على التنبؤ بما سيفعله الناس. لكن الدماغ البشري خاضع لمبدأ الارتياب أيضا، ولذلك سيكون هناك عنصر من العشوائية التي ينطوي عليها ميكانيك الكم في التصرفات البشرية. إلا أن الطاقة المتداولة في الدماغ منخفضة جدا، وهذا ما يجعل أثر الارتياب الكمومي فيه صغيرا، وبالتالي، يكون السبب الحقيقي وراء عدم تمكننا من التنبؤ بالتصرفات الإنسانية هو أنه أمر صعب فحسب. إننا نعرف الآن القوانين الفيزيائية الأساسية التي تحكم فعالية الدماغ، وهذه القوانبن بسيطة نسبيا. لكن هناك صعوبة كبيرة في حل المعادلات عندما تتضمن المسألة أكثر من بضعة جسيمات. حتى في نظرية نيوتن في الثقالة، وهي النظرية الأبسط، لايمكننا حل المعادلات بدقة إن كان ثمة ثلاثة جسيمات أو أكثر. فمن أجل ثلاثة جسيمات أو أكثر، علينا اللجوء إلى التقريب، وتتزايد الصعوبة باضطراد مع تزايد عدد الجسيمات. من ناحية الدماغ البشري، فهو يحتوي نحو ١٠ ^٢٦^ جسيما، أي مئة مليون مليار مليار جسيم، وهذا عدد كبير جداً يجعل حل المعادلات والتنبؤ بكيفية تصرفات الدماغ مستحيلا من قِبلِنا، وذلك بافتراض معرفة حالته الابتدائية والمعلومات العصبية التي تصل إليه. في الواقع نحن لا نستطيع معرفة الحالة الابتدائية للدماغ، لأن فعل ذلك يستلزم تفكيكه. وحتى لو كنا مستعدين لذلك، فإن عدد الجسيمات الواجب تسجيلها هائل جدا. كذلك، فإن الدماغ حساس جدا للحالة الابتدائية، وإحداث تغيير بسيط في تلك الحالة يؤدي إلى اختلاف هائل جدا في التصرفات اللاحقة. لذلك، وعلى الرغم من أننا

نعرف المعادلات الأساسية التي تحكم الدماغ، فإننا لسنا قادرين على استخدامها للتنبؤ بالتصرفات البشرية.

تظهر هذه الحالة في العلم حيثما تعاملنا مع المنظومات الكبيرة، لأن العدد الهائل من الجسيمات فيها يحول دون أي فرصة لحل المعادلات الأساسية. لذلك نلجأ إلى نظريات أخرى هي تقريبيات تحل فيها بضعة مقادير فقط محل العدد الهائل من الجسيمات. ومثال ذلك ميكانيك السوائل. فالسائل، كالماء مثلا، يتكون من مليارات المليارات من الجزيئات التي تتكوَّن بدورها من إلكترونات وبروتونات ونيوترونات. ومع ذلك، فإنه لتقريب جيد أن نعامل السائل على أنه وسط مستمر يتميز بالسرعة والكثافة ودرجة الحرارة فحسب. إن تنبؤات نظرية ميكانيك السوائل ليست تامة الدقة، لكنها كافية لمصمم السفن وأنابيب النفط.

إن ما أرغب باقتراحه هو أن مفهومَيْ الإرادة الحرة والمسؤولية الأخلاقية عن تصرفاتنا هما فعلا نظرية عملية على غرار نظرية ميكانيك السوائل. قد يكون كل شيء نفعله محددا بنظرية موحدة عظمى ما؛ فإذا كانت تلك النظرية قد حددت أننا يجب أن نموت شنقا، فإننا لن نموت غرقا. عليك أن تكون متيقنا من أنه لم يُكتب عليك أن توضع في المشنقة على قارب في البحر في أثناء عاصفة. لقد لاحظت أن معظم الناس الذين يدَّعون أن كل شيء مقدر ومحتوم ، وأننا لانستطيع فعل شيء لتغييره، ينظرون نحو اليمين ونحو اليسار قبل عبور الطريق. ربما أن أولئك الذين لايفعلون ذلك لاينجون لكي يحكوا لنا الحكاية.

لايجوز لنا بناء تصرفاتنا على أساس فكرة أن كل شيء مرسوم سلفا، لأننا لانعرف ما هو الشيء المرسوم. بدلا من ذلك، علينا اعتماد النظرية العملية وهي أن لنا إرادة حرة وأننا مسؤولون عن تصرفاتنا. ليست هذه النظرية جيدة للتنبؤ بتصرفات الإنسان، لكننا نتبناها بسبب عدم وجود إمكانية لحل المعادلات الناجمة عن القوانين الأساسية. هناك أيضا سبب دارويني للاعتقاد بالإرادة الحرة: إن المجتمع الذي يشعر أفراده بأنهم مسؤولون عن أعمالهم، أكثر قابلية للعمل المشترك وللبقاء من أجل نشر قيمه. طبعا، يعمل النمل معا على نحو جيد، لكن مجتمعه هو مجتمع ساكن لايستطيع الاستجابة للتغيرات غير المألوفة، كما لايستطيع تطوير فرص جيدة. لكن الأفراد الأحرار الذين يتشاركون في أهداف معينة، يستطيعون التعاون في سبيل أهدافهم الرئيسية، مع

احتفاظهم بالمرونة للقيام بالابتكارات إفراديا. إن مثل هذا المجتمع أكثر قابلية للازدهار ولنشر منظومة قيمه.

ينتمي مفهوم الإرادة الحرة إلى مجال مختلف عن مجال قوانين العلم الأساسية. فإذا حاول المرء استقراء التصرفات البشرية من خلال قوانين العلم، سوف يقع في مأزق اللغز المنطقي الخاص بالمنظومات ذاتية المرجعية. إذ لو كان التنبؤ بما سيفعله المرء بوساطة قوانين العلم ممكنا، فإن حقيقة القيام بذلك التنبؤ قد تغير ما سوف يحصل. إن المسألة هنا تشبه ما يحصل لو كان السفر عبر الزمن ممكنا، وهو أمر لا أظن أنه سوف يتحقق. إذا كنت قادرا على رؤية ما سوف يحصل في المستقبل، أمكنك تغييره، وإذا علمت أيا من الخيول سوف يربح السباق الوطني الكبير، أمكنك الحصول على ثروة طائلة بالرهان عليه.

إن لغز التنبؤ بأعمالنا على صلة وثيقة بمسألة ذكرتها آنفا: هل تحدد النظرية النهائية أننا سوف نصل إلى الاستنتاجات الصحيحة حول النظرية النهائية؟ لقد جادلت في تلك الحالة بأن فكرة داروين حول الانتقاء الطبيعي تقودنا إلى الجواب الصحيح. قد لايكون ملائما أن نصف ذلك بالجواب الصحيح، لكن الانتقاء الطبيعي يجب أن يقودنا على الأقل إلى مجموعة من قوانين الفيزياء التي تعمل على نحو جيد. إلا أننا لانستطيع تطبيق هذه القوانين الفيزيائية من أجل الاستدلال على التصرفات الإنسانية لسببين اثنين. أولهما هو أننا لا نستطيع حل المعادلات، وثانيهما هو أنه حتى لو استطعنا ذلك، فإن حقيقة قيامنا بالتنبؤ يُدخل اضطرابا في المنظومة. لذلك، يبدو أن الانتقاء الطبيعي يقودنا إلى تبني نظرية عملية للإرادة الحرة. فإذا قبلنا بأن تصرفات المرء تُختار بحرية، لايمكننا حينئذ المجادلة في أنها في بعض الحالات محددة بقوى خارجية ، فمفهوم الإرادة الحرة تقريبا ليس ذا مغزى. إن الناس يميلون إلى الخلط بين حقيقة قابلية تخمين ما قد يختاره المرء مع مقولة أن الاختيار ليس حرا. إنني أخمن أن معظمكم سوف يتناول وجبة عشاء في هذه الليلة، لكنكم جميعا أحرار في أن تختاروا الذهاب إلى الفراش جائعين. وأحد الأمثلة على هذا الخلط هو مبدأ المسؤولية المتلاشية، ومفاده أنه يجب عدم معاقبة المرء على عمله إذا كان تحت تأثير ضغط نفسي. طبعا، هناك احتمال عال لارتكاب امرئ جريمة إن كان متوترا، لكن ذلك لاينبغي أن يدفعنا إلى جعل هذا الاحتمال أعلى بتقليص حجم العقاب.

علينا إبقاء استقصاءات قوانين العلم الأساسية ودراسات التصرفات الإنسانية في مواقع منفصلة، إذ لايمكننا استخدام القوانين الأساسية لاستقراء التصرفات البشرية، للأسباب التي شرحتها. إنني أتمنى لو أننا نستطيع استخدام الذكاء والمقدرة على التفكير المنطقي - اللذين طورناهما من خلال الانتقاء الطبيعي - للسيطرة على تصرفاتنا. لكن الانتقاء الطبيعي أدى لسوء الحظ إلى تطور خصائص سيئة أخرى لدينا كالعدوانية. قد تكون العدوانية ذات منفعة من حيث التمكين من البقاء في أيام إنسان الكهوف وما سبقها، وبذلك تكون قد فُضِّلت في الانتقاء الطبيعي. لكن الازدياد الهائل في مقدرتنا على التدمير والتي أتت من خلال العلم الحديث والتكنولوجيا، جعل من العدوانية قيمة شديدة الخطورة تهدد بقاء النوع البشري برمته. إن المشكلة هي في أن مواهبنا العدوانية قد زرعت في شيفرة الـ DNA بموجب التطور البيولوجي على فترات زمنية تمتد إلى ملايين السنين، في حين أن مقدرتنا على التدمير لم تتزايد إلا خلال الفترات الزمنية اللازمة لتطوير معلوماتنا، والتي هي الآن من رتبة العشرين إلى الثلاثين سنة. وما لم نتمكن من التحكم بعدوانيتنا، فإن النوع البشري لا يملك الكثير من الحظ للاستمرار في البقاء. لكن، وطالما أن هناك حياة، ما زال هناك أمل. فإذا استطعنا النجاة والاستمرار في البقاء لمدة مئة السنة القادمة، سوف نكون قد خرجنا إلى كواكب، أو ربما نجوم، أخرى، وهذا يُنقص احتمال القضاء على النوع البشري برمته بوساطة كارثة مأساوية كالحرب النووية.

وباختصار، ناقشت فيما سبق بعض المشاكل التي تنجم عن الاعتقاد بأن كل شيء في الكون مرسوم ومحتوم. وليس هناك فرق بين أن تكون هذه الحتمية من وضع الله القادر أو أن تكون ناجمة عن قوانين العلم، لأننا نستطيع دائما القول إن القوانين هي تعبير عن إرادة الله.

لقد تعرضت في حديثي إلى ثلاثة أسئلة، أولها هو: كيف يمكن لتعقيد الكون ولكل ما فيه من تفاصيل تافهة أن تكون قد تحددت بمجموعة بسيطة من المعادلات؟ بكلمات أخرى، هل يمكننا الاعتقاد فعلا بأن الله قد اختار جميع التفاصيل التافهة، كصورة من سوف تظهر على غلاف مجلة كوزموبوليتان؟ ويبدو أن الجواب هو أن مبدأ الارتياب في ميكانيك الكم يعني أن ليس هناك تاريخ وحيد للكون فحسب، وإنما أسرة كاملة من التواريخ الممكنة. وهذه التواريخ يمكن أن تكون متشابهة على المدى الواسع، لكنها

شديدة الاختلاف على النطاق اليومي العادي. وقد كانت مصادفة أن نعيش في تاريخ معين ذي مواصفات وتفاصيل معينة. إلا أن هناك كائنات ذكية شديدة الشبه بنا تعيش في تواريخ تختلف عن تاريخنا بأمر واحد يخص، مثلا، مَنْ ربح الحرب العالمية الثانية. لقد نجمت التفاصيل التافهة في كوننا لأن القوانين الأساسية أدخلت في بنيتها ميكانيك الكم بما فيه من ارتياب وعشوائية.

أما السؤال الثاني فهو: إذا كان كل شيء محددا بنظرية أساسية ما، فإن ما نقوله حول النظرية محدد أيضا بالنظرية ذاتها. فلماذا يكون هذا القول صحيحا لا خطأ واضحا أو عديم المغزى؟ وجوابي عن ذلك هو اللجوء إلى نظرية داروين حول الانتقاء الطبيعي: هؤلاء الذين يقومون بالاستنتاجات الصائبة عن العالم حولهم، هم وحدهم الأكثر حظا في البقاء والتكاثر.

وكان السؤال الثالث ما يلي: إذا كان كل شيء مرسوما، ماذا يحصل لإرادتنا الحرة ولمسؤوليتنا عن أعمالنا ؟ إن الاختبار الموضوعي الوحيد لوجود الإرادة الحرة لدى المتعضي هو ما إذا كانت تصرفاته قابلة للتنبؤ بها. في حالة الكائن البشري، نحن غير قادرين على استخدام القوانين الأساسية للتنبؤ بما سيقوم به، وذلك لسببين. أولهما هو عدم قدرتنا على حل المعادلات من أجل العدد الكبير من الجسيمات الذي يدخل في المعادلات. وثانيهما هو أنه حتى لو استطعنا حل المعادلات، فإن حقيقة القيام بالتنبؤ ذاتها تؤدي إلى إدخال اضطراب في منظومة الجسيمات وبالتالي إلى ناتج مختلف. لذلك، وبما أننا لسنا قادرين على التنبؤ بتصرفات الكائن البشري، يمكننا تبني النظرية العملية المنطوية على أن البشر كائنات حرة تستطيع اختيار ما تفعله. إذ يبدو أن هناك فائدة مؤكدة لصالح البقاء في الاعتقاد بحرية الإرادة وبالمسؤولية عن الأفعال. وهذا يعني أن الانتقاء الطبيعي يقوي هذا الاعتقاد. لكن ما يتبقى لنعرفه هو ما إذا كان نقل الإحساس بالمسؤولية من خلال اللغة كافيا للتحكم بالعدوانية التي تنتقل وراثيا عبر الـ DNA . فإذا لم يكن كذلك، سيكون النوع البشري واحدا من النهايات الميتة للانتقاء الطبيعي. قد تكون هناك كائنات ذكية أخرى في مكان ما من المجرة قد توصلت إلى توازن أفضل بين المسؤولية والعدوانية. فإن كان ذلك صحيحا، يجب أن نتوقع حصول اتصال معهم، أو على الأقل، كشف إشاراتهم الراديوية. قد يكونون واعين لوجودنا، لكنهم لايرغبون بالكشف عن وجودهم أمامنا؛ وهذا أمر حكيم ، وهم محقون فيه، على ضوء تاريخنا.

باختصار، كان عنوان هذا الموضوع هو السؤال التالي: هل كل شيء محتوم؟ الجواب هو **نعم**. لكنه قد يكون **لا** أيضا، لأننا لانستطيع أبدا معرفة ما هو المحتوم.

١٣- مستقبل الكون *

موضوع هذه المحاضرة هو مستقبل الكون، أو ما يظن العلماء أنه المستقبل. إن التنبؤ بالمستقبل أمر شديد الصعوبة، بالطبع. لقد فكرت مرة بتأليف كتاب أدعوه ***غد الأمس: تاريخ المستقبل***، كان يمكن أن يكون تاريخا لتنبؤات بالمستقبل معظمها تقريبا ليس صحيحا. لكن، وعلى الرغم من الاخفاقات الكثيرة، مازال العلماء يعتقدون بأنهم يستطيعون التنبؤ بالمستقبل.

في الأيام الغابرة، كان التنبؤ بالمستقبل من مهام المشعوذين والعرافين، وكان معظم هؤلاء من النساء اللواتي يدخلن في غشية النشوة باستخدام مخدر ما أو باستنشاق دخان من فتحة بركانية، ويفسر هذيانهن عندئذ من قبل الكهنة المرافقين لهن. وتكمن الحذاقة الفعلية هنا في التفسير. فالكاهن الشهير الذي عاش في دلفي في بلاد الإغريق القديمة كان معروفا بمراهناته الغامضة وحركاته المبهمة. فعندما سأله الإسبارطيون ماذا سيحصل عندما يهاجم الفرس بلاد الإغريق، رد الكاهن: إما أن تتدمر إسبارطة أو يُقتل ملكها. أعتقد أن الكاهن قد أدرك أنه إذا لم تحصل أي من هاتين النهايتين، سيكون الإسبارطيون شاكرين لأبولو، وهو أمر ينسيهم حقيقة أن كاهنه كان مخطئا. وفي الواقع، قُتل الملك مدافعا عن الموقع الحصين عند ثرموبيليا في حدث حمى إسبارطة وقاد إلى الهزيمة النهائية للفرس.

في مناسبة أخرى، سأل كروسوس - وهو ملك ليديا، وأغنى رجل في العالم - ماذا سيحصل إذا قام بغزو بلاد الفرس، فكان الجواب: سوف تسقط مملكة عظيمة. وظن كروسوس أن ذلك يعني إمبراطورية فارس، لكن مملكته هي التي سقطت، وانتهى هو نفسه على المحرقة ليحرق حيا.

أما المتنبئون المتأخرون بالقيامة، فقد كانوا أكثر استعدادا للمغامرة برقابهم بتعيين مواعيد محددة لنهاية العالم، مسببين بذلك اضطرابات في أسواق المال. لقد شدهني أن

---

* محاضرة ألقيتها في كامبريدج في شهر كانون الثاني عام ١٩٩١.

تجعل النبوءة بنهاية العالم الناس يبيعون حصصهم لقاء المال؛ فهم لايستطيعون اصطحاب أي منهما معهم إلى العالم الآخر.

ومرت حتى الآن جميع المواعيد التي حُددت لنهاية العالم دون حصول شيء. إلا أن المتنبئين كانت لديهم دائما تفسيراتهم لإخفاقاتهم البيِّنة. فمثلا، تنبأ وياليام ميللر، وهو مؤسس حركة سبتيِّي اليوم السابع، بأن المجيء الثاني (أي القيامة) سوف يحصل ما بين ٢١ آذار من عام ١٨٤٣ و ٢١ آذار من عام ١٨٤٤. وعندما لم يحصل شيء، عدل التاريخ ليصبح ٢٢ أيلول من عام ١٨٤٤. وعندما مر ذلك الموعد دون حادث، تم تقديم تفسير جديد مفاده أن عام ١٨٤٤ هو بداية المجيء الثاني، حيث يتم أولا تعداد الأسماء الواردة في *كتاب الحياة*، وبعدئذ فقط يأتي يوم الحساب من أجل أولئك الذين لم ترد أسماؤهم في الكتاب. ولحسن الحظ، يبدو أن التعداد يستغرق طويلا.

طبعا قد لاتكون التنبؤات العلمية أكثر وثوقية من تنبؤات الكهنة والعرافين، كما هو حال التنبؤات بالطقس مثلا. إلا أن هناك حالات معينة نعتقد أننا نستطيع فيها القيام بتنبؤات دقيقة، ومستقبل الكون على المدى الواسع، هو واحد من تلك الحالات.

في غضون ثلاثمئة السنة الأخيرة، اكتشفنا القوانين العلمية التي تحكم المادة في جميع الحالات العادية، لكننا مازلنا لا نعرف القوانين التي تحكم المادة في الظروف الشديدة التطرف. إن هذه القوانين هامة لفهم كيفية ابتداء الكون، لكنها لاتؤثر على تطوره المستقبلي إلا إذا كان سوف ينقبض ثانية إلى حالة من التكثف الشديد؛ وذلك التأثير لن يكون قبل بدء الانقباض. إن تأثير قوانين الطاقة العالية على الكون صغير جدا الآن، والدليل على ذلك حجم الإنفاق الذي نبذله لبناء مسرعات جسيمات عملاقة لاختبار تلك القوانين.

وعلى الرغم من إمكانية معرفتنا للقوانين التي تحكم الكون، فقد لا نكون قادرين على استخدامها للتنبؤ بالمستقبل البعيد. هذا لأن حلول معادلات الفيزياء تتمتع بخاصية تدعى الفوضى، بمعنى أن المعادلات قد تكون غير مستقرة. فإدخال تغيير طفيف على حالة المنظومة في لحظة معينة، يؤدي إلى اختلاف كلي في تصرفاتها اللاحقة. فمثلا، إذا غيرت على نحو ضئيل طريقة تدوير دولاب الروليت، سوف يتغير الرقم الذي يقف إزاءه. ولايمكن عمليا التنبؤ بهذا الرقم، إذ لو أمكن ذلك لجمع الفيزيائيون ثروات طائلة.

في حالات المنظومات غير المستقرة والعشوائية، هناك عموما مدى زمني تتضاعف في غضونه التغيرات الطفيفة الموجودة في الحالة الابتدائية. ففي حالة جو الأرض مثلا، هذا المدى الزمني من رتبة خمسة أيام، وهو الزمن اللازم للهواء ليدور حول العالم. يمكننا أن نقوم بتنبؤات بالطقس مقبولة الدقة على مدى خمسة الأيام القادمة، لكن القيام بهذا التنبؤ على مدى يزيد عن ذلك يتطلب معرفة عالية الدقة بالحالة الراهنة للجو، إضافة إلى حسابات درجة تعقيدها تجعل إجراءها مستحيلا. ليس من سبيل إذن للتنبؤ بالطقس قبل ستة أشهر، باستثناء إعطاء المعدلات الفصلية.

نعرف أيضا القوانين الأساسية التي تحكم الكيمياء والبيولوجيا ؛ ولذلك يجب أن نكون قادرين من ناحية المبدأ على تحديد كيفية عمل الدماغ. لكن المعادلات التي تحكم الدماغ تنطوي أيضا على تصرفات فوضوية، بمعنى أن أي تغيير شديد الضآلة في الحالة الأولية يؤدي إلى ناتج شديد الاختلاف. لذلك، لايمكننا التنبؤ بالتصرف الإنساني عمليا على الرغم من معرفتنا للمعادلات التي تحكمه. إن العلم لايستطيع التنبؤ بمستقبل المجتمع الإنساني، ولاحتى بأي مستقبل له. فالخطر كامن في أن مقدرتنا على أذية أنفسنا ومحيطنا وتدميرهما تتزايد بسرعة تفوق سرعة تزايد حكمتنا لاستخدام تلك المقدرة. على أي حال، ومهما يكن ما يجري على الأرض، فإن بقية الكون ستستمر غير آبهة.

يبدو أن حركة الكواكب حول الشمس هي عشوائية في نهاية المطاف، وهذه العشوائية لاتتضح إلا على مدى زمني طويل. لذلك سيكون من غير الممكن التنبؤ بما ستؤول إليه هذه الحركة تفصيليا بعد فترة طويلة من الزمن. إننا على يقين من أن الأرض لن تتلاقى مع الزهرة قبل زمن طويل، لكننا لا نستطيع أن نكون متيقنين من أن اضطرابات ضئيلة في مداريهما لن تتراكم لتجعل هذا التلاقي حقيقة بعد مليار عام من الآن. كذلك، هناك عشوائية في حركة الشمس والنجوم الأخرى حول المجرة، وفي حركة المجرة ضمن المجموعة المحلية من المجرات ... وهكذا. إننا نرى المجرات تتحرك مبتعدة عنا، وكلما كانت أبعد، كانت سرعة ابتعادها أعلى. هذا يعني أن الكون يتوسع في جوارنا، أي أن المسافات بين المجرات تزداد مع الزمن.

والدليل على أن هذا التوسع ناعم وليس مضطربا موجود في إشعاع الأمواج المكروية المحيطي الذي نراه قادما من الفضاء الخارجي. يمكنك أن تلاحظ هذا الإشعاع عمليا بنفسك، وذلك بتوليف جهاز التلفزيون على قناة شاغرة. إن نسبة مئوية صغيرة

من النقاط الوامضة التي تراها على الشاشة تنجم عن الأمواج الميكروية الواردة من خارج نطاق المجموعة الشمسية. هذا الإشعاع هو من النوع نفسه المستخدم في أفران الأمواج الميكروية، لكنه أضعف كثيرا، إذ أنه يرفع درجة حرارة الطعام بمقدار ٢,٧ درجة فوق الصفر المطلق فقط، ولذلك لن يكون نافعا في تسخين البيتزا. ويُعتقد أن هذا الإشعاع قد تخلف من مرحلة ساخنة مبكرة من مراحل الكون، والأمر الاستثنائي فيه هو أنه يَرِد من مختلف الجهات بالشدة نفسها تقريبا. لقد تم قياس هذا الإشعاع بدقة كبيرة بوساطة القمر الصنعي المسمى ***مستكشف المحيط الكوني***. و يُري مخطط للسماء وُضع بناءً على هذه الأرصاد درجات حرارة متباينة لذلك الإشعاع، في الاتجاهات المختلفة، إلا أن التباين ضئيل جدا، وهو من رتبة الجزء الواحد من مئة ألف الجزء. يجب أن تكون هناك بعض الفوارق في شدة الإشعاع الوارد من الاتجاهات المختلفة لأن الكون ليس ناعما تماما، فثمة عدم انتظام محلي يتمثل بالنجوم والمجرات ومجموعات المجرات. لكن الاختلافات في شدة الإشعاع المحيطي صغيرة جدا، وتصل بمقدارها إلى أدنى حد ممكن يجعلها تتوافق مع عدم الانتظام الذي نرصده. إن شدة الإشعاع هي نفسها في الاتجاهات المختلفة، مع فوارق تجعل نسبتها كنسبة ٩٩,٩٩٩ إلى ١٠٠,٠٠٠.

في الأزمان الغابرة، اعتقد الناس أن الأرض موجودة في مركز الكون. لذلك لم يكونوا ليُفاجؤوا لو علموا أن الإشعاع المحيطي متماثل في جميع الاتجاهات. لكن منذ أيام كوبرنيق، انخفضت مكانتنا في الكون لنصبح على كوكب صغير يدور حول نجم عادي من النجوم الخارجية لمجرة ليست استثنائية، بل هي واحدة من مئة مليار مجرة نستطيع رؤيتها. إننا الآن على درجة من التواضع لاتسمح لنا بالادعاء بأي موقع متميز لنا في الكون. لذلك علينا أن نفترض أيضا أن الإشعاع المحيطي هو نفسه حول أي مجرة أخرى، وهذا ممكن فقط إذا كانت الكثافة المتوسطة للكون، وكان معدل توسعه، نفسيهما في كل مكان فيه، لأن أي اختلاف في الكثافة المتوسطة أو معدل التوسع على منطقة كبيرة يجعل الإشعاع المحيطي مختلفا في الاتجاهات المختلفة. هذا يعني أن تصرف الكون على النطاق الواسع جدا بسيط وليس عشوائيا. ولذلك يمكن التنبؤ به عبر المستقبل البعيد.

نظرا لأن توسع الكون على هذه الدرجة من التجانس، يمكن وصفه بدلالة رقم وحيد هو المسافة بين مجرتين. إن هذه المسافة في حالة تزايد في الوقت الراهن، لكننا نتوقع من التجاذب الثقالي بين المجرات المختلفة أن يكون عاملا على إبطاء معدل هذا التزايد، أي معدل توسع الكون. وإذا كانت كثافة الكون أعلى من قيمة حرجة معينة، سيوقف التجاذب الثقالي في نهاية المطاف توسع الكون ويدفعه نحو البدء بالتقلص ثانية، لينهار عندئذ إلى الانقباض الأعظم، الذي يشبه الانفجار الأعظم الذي ابتدأ به الكون. إن الانقباض الأعظم هو ما يسمى بالمتفرد، وهو حالة من التكثف اللامتناهي الذي تخفق عنده قوانين الفيزياء، وهذا يعني أنه حتى لو كانت هناك أحداث بعد الانقباض الأعظم، لن يكون التنبؤ بما يحصل فيها ممكنا. لكن، في غياب الترابط السببي بين الأحداث، ليس هناك من مغزى للقول إن حدثا وقع قبل الآخر. لذلك يمكن القول إن كوننا انتهى في الانقباض الأعظم، وإن أي أحداث حصلت *بعدئذ* هي جزء من كون منفصل آخر. فالأمر يشبه التقمص، إذ ما معنى الادعاء بأن الطفل المولود هو امرؤ نفسه كان قد مات، إن لم يرث الطفل أي صفات أو ذاكرة من الحياة السابقة ؟ لذلك يمكن القول إنه شخص آخر.

إذا كانت كثافة الكون المتوسطة أقل من القيمة الحرجة، لاينقبض الكون، بل يتابع توسعه باستمرار. فبعد زمن معين تنخفض الكثافة إلى حد لا يبقى عنده للتجاذب الثقالي أي أثر يذكر على إبطاء التوسع، وتستمر المجرات بالتباعد بعضها عن بعض بسرعة ثابتة.

لذلك يكون السؤال الحاسم بخصوص مستقبل الكون هو: ما هي كثافته المتوسطة؟ إن كانت أقل من القيمة الحرجة، فإنه سيتابع توسعه إلى الأبد، وإن كانت أكبر، سينقبض وسيأتي الزمن ذاته إلى نهايته في الانقباض الأعظم. وهنا، أظن أنني أتمتع ببعض المزايا مقارنةً مع بعض المتنبئين الآخرين بالقيامة. فحتى لو كان الكون سينقبض، فإنني أستطيع التنبؤ وبثقة، بأنه لن يتوقف عن التوسع قبل عشرة مليارات سنة أخرى. لا أتوقع أن أكون هنا حينئذ ليقال عني إنني لم أكن على صواب.

يمكن أن نحاول تخمين مقدار الكثافة المتوسطة للكون من خلال الأرصاد. فإذا عددنا النجوم التي نرى وجمعنا كتلها معا، فإننا نحصل على أقل من واحد بالمئة من القيمة الحرجة للكثافة المتوسطة. حتى لو أضفنا كتل غيوم الغاز التي نلاحظها في الكون، فإن

ذلك يجعل المجموع يصل إلى واحد بالمئة فحسب من القيمة الحرجة. لكننا نعلم أن الكون يجب أن يكون حاويا أيضا على ما يسمى *المادة المظلمة* التي لايمكننا رصدها على نحو مباشر. وأحد الأدلة على وجود هذه المادة المظلمة يأتي من المجرات الحلزونية، وهي تجمع هائل من النجوم والغاز على شكل قرص. إن ما نلاحظه فيها هو أنها تدور حول مراكزها، إلا أن معدل دورانها كبير بما يكفي لبعثرتها بعيدا لو أنها لا تحتوي سوى النجوم والغازات التي نرصدها. لذلك يجب أن يكون هناك شكل غير مرئي من المادة جذبُها الثقالي كبير بما يكفي لتماسك المجرات ذاتيا وهي تدور.

هناك دليل آخر على وجود المادة المظلمة يأتي من مجموعات المجرات. إننا نلاحظ أن المجرات ليست موزعة بانتظام تام عبر الفضاء، بل هي متجمعة في مجموعات يتراوح محتواها بين بضعة مجرات وملايين منها، ويفترض أن هذه المجموعات قد تشكلت لأن المجرات تتجاذب معا. إننا نستطيع قياس السرعات التي تتحرك بها المجرات إفراديا ضمن المجموعات، وقد وجدنا أن هذه السرعات كبيرة إلى حد يمكن أن يؤدي بالمجرات للتباعد متبعثرة بعضها عن بعض ما لم تكن متماسكة بالتجاذب الثقالي. لكن الكتلة اللازمة لتأمين هذا التجاذب الثقالي تفوق كثيرا كتل مجرات المجموعة مجتمعة. وتبقى الحالة ذاتها حتى لو اعتبرنا كتل المجرات الإفرادية اللازمة لتماسكها في أثناء دورانها حول مراكزها. لذلك نستنتج أنه لابد من وجود مادة مظلمة إضافية في مجموعات المجرات، لكن خارج المجرات.

يمكن إجراء تخمين موثوق نسبيا لمقدار المادة المظلمة في تلك المجرات ومجموعات المجرات التي لدينا على وجودها أدلة مؤكدة. إلا أن هذا التخمين يعطي قيمة لاتزيد عن عشرة بالمئة من قيمة الكثافة الحرجة اللازمة للكون لينقبض ثانية. لذلك، وإذا اكتفينا بهذه الأدلة الرصدية، يمكننا التنبؤ بأن الكون سوف يتابع التوسع إلى الأبد. وبعد خمسة مليارات سنة أو نحوها، تكون الشمس قد استنفدت وقودها النووي، فتنتفخ لتتحول إلى ما يدعى *العملاق الأحمر*، ثم تبتلع الأرض والكواكب القريبة الأخرى، لتستقر في نهاية المطاف على شكل *قزم أبيض* ذي قطر من رتبة بضعة آلاف الأميال. بهذا أكون قد تنبأت بنهاية العالم التي لن تكون الآن؛ ولا أظن أن تنبُّئي هذا سوف يحدث اضطرابا كبيرا في الأسواق المالية. على أي حال، هناك قضية أو قضيتان أكثر إلحاحا تنتظران في

الأفق. فمهما كان الأمر، وقبل أن تنفجر الشمس، يجب علينا أن نكون قد سيطرنا على فن السفر الكوني، طالما أننا لم ندمر أنفسنا.

بعد عشرة مليارات سنة أو نحوها، ستكون معظم النجوم في الكون قد احترقت. والنجوم ذات الكتل المشابهة لكتلة الشمس سوف تتحول إما إلى أقزام بيضاء أو إلى نجوم نيوترونية، وهذه أصغر وأعلى كثافة من الأقزام البيضاء. أما النجوم ذوات الكتل الأكبر، فتتحول إلى ثقوب سوداء، وهذه أصغر من النجوم النيوترونية وتمتلك حقلا ثقاليا شديدا يمنع الضوء وكل شيء آخر من الخروج منها. وفي مجرتنا، ستبقى هذه المخلفات تدور حول مركز المجرة مرة كل مئة مليون سنة تقريبا. وستؤدي التصادمات التي تحصل بين هذه البقايا إلى طيران بعضها خارج المجرة. أما ما يتبقى منها، فيستقر على مدارات أقرب حول مركز المجرة، ويتجمع في النهاية ليكوِّن ثقبا أسود عملاقا في المركز. وما قلناه عن مجرتنا، ينسحب على المجرات الأخرى؛ ومهما تكن المادة المظلمة في المجرات ومجموعات المجرات، فيتوقع أنها ستسقط في هذه الثقوب السوداء الضخمة أيضا.

بناءً على ما تقدم، يمكن افتراض أن معظم المادة في المجرات ومجموعاتها سوف تنتهي في ثقوب سوداء. لكنني اكتشفت في وقت سابق أن الثقوب السوداء ليست سوداء تماما على النحو الذي اصطبغت به. فمبدأ الارتياب في ميكانيك الكم ينص على أنه لا يمكن أن يكون للجسيمات موضع محدد تماما وسرعة محددة تماما في آن معا. فكلما كانت دقة تحديد الموضع أعلى، انخفضت دقة تحديد السرعة، والعكس صحيح. فإذا كان الجسيم موجودا في الثقب الأسود، كان موضعه محددا تماما، وذلك أنه في الثقب الأسود. هذا يعني عدم إمكانية تحديد سرعته تماما، ولذلك يمكن لسرعة الجسيم أن تفوق سرعة الضوء ، وهذا ما يمكّنه من الهروب من الثقب . وعلى هذا النحو ، تتسرب الجسيمات والإشعاع ببطء من الثقب الأسود. إلا أن قطر الثقب الأسود العملاق في مركز المجرة هو من رتبة ملايين الأميال، وهو أمر يجعل الارتياب كبيرا في موضع الجسيم داخل الثقب، ولذلك يكون الارتياب في سرعته صغيرا، وينجم عن ذلك أن الجسيم سوف يحتاج إلى زمن طويل للهروب من الثقب. لكنه يهرب في النهاية. قد يستغرق الثقب الأسود العملاق الموجود في مركز المجرة نحو ١٠^٩٠ سنة لكي يتبخر ويختفي تماما، وهذا زمن يفوق بما لا يوصف عمر الكون الحالي المقدر بـ ١٠^١٠ سنة فقط. لاحظ أن

$١٠^{٩٠}$ هو رقم مكون من واحد يقع إلى يمينه تسعون صفرا، وأن $١٠^{١٠}$ هو رقم مكون من واحد يقع إلى يمينه عشرة أصفار فقط. لذلك، مازال هناك الكثير من الوقت، إذا كان الكون سيتوسع باستمرار .

سيكون مستقبل الكون المتوسع باستمرار مملا إلى حد ما، إلا أن استمرار توسع الكون إلى الأبد ليس مؤكدا تماما. فعلى الرغم من أن الدليل الأكيد الذي نمتلكه على وجود المادة فيه يخص زهاء عشرة بالمئة فقط من الكثافة الحرجة اللازمة لانقباض الكون، قد تكون ثمة مادة مظلمة لم نكتشفها يمكنها أن ترفع الكثافة المتوسطة للكون إلى القيمة الحرجة أو إلى ما يزيد عنها؛ عندئذ، يجب أن تكون هذه المادة موجودة خارج المجرات ومجموعات المجرات، وإلا لكنا لاحظنا أثرها على دوران المجرات أو على حركة مجموعات المجرات.

لماذا يتعين علينا الظن باحتمال وجود مادة مظلمة كافية لجعل الكون ينقبض ثانية؟ لماذا لا نقصر اعتقادنا على المادة التي لدينا أدلة أكيدة على وجودها ؟ يرجع سبب ذلك إلى أن وجود حتى عُشر الكثافة الحرجة الآن يتطلب اختيار الكثافة ومعدل التوسع البدئيين بأقصى حدود الحذر. فلو كانت كثافة الكون بعد ثانية واحدة من الانفجار الأعظم أكبر مما كانت عليه بمقدار جزء واحد من ألف مليار، لانقبض الكون بعد عشر سنين فقط، ولو كانت أصغر بالمقدار نفسه لأصبح عمليا فارغا منذ أن كان عمره نحو عشر سنوات.

فكيف حصل أن تم اختيار الكثافة البدئية على هذا النحو من الدقة ؟ قد يكون هناك سبب يستدعي أن تكون للكون الكثافة الحرجة ذاتها، ويبدو أن هناك تفسيرين ممكنين لذلك. أولهما هو ما يسمى *المبدأ البشري*، ومفاده أن الكون على ما هو عليه لأنه لو لم يكن كذلك لما كنا هنا لنراه ونتساءل عنه. فالفكرة هنا هي أنه يمكن أن يكون هناك عدد كبير من الأكوان المختلفة ذات الكثافات المختلفة، والأكوان ذات الكثافات القريبة جدا من الكثافة الحرجة هي وحدها التي تدوم طويلا وتحتوي على مادة تكفي لتشكل النجوم والكواكب. وفي هذه الأكوان فقط، ستكون هناك كائنات ذكية تطرح السؤال: لماذا تكون الكثافة على هذا القرب من الكثافة الحرجة ؟ إذا كان هذا تفسيرا للكثافة الحالية للكون، فليس من سبب للاعتقاد بأن الكون يحتوي على مادة

تزيد على ما اكتشفناه حتى الآن. فعُشر الكثافة الحرجة يعني وجود مادة تكفي لتشكل النجوم والمجرات.

إلا أن كثيرا من الناس لا يستسيغون المبدأ البشري، لأنه يعلق الكثير من الأهمية على وجودنا ذاته. لذلك كان هناك بحث عن تفسير ممكن آخر لسبب وجوب قرب الكثافة من القيمة الحرجة، وقاد هذا البحث إلى نظرية ***التوسع التضخمي*** في طور الكون الأولي. الفكرة هنا هي أن حجم الكون أخذ بالتضاعف على غرار تضاعف الأسعار كل بضعة أشهر في بعض البلدان التي تعاني من التضخم الشديد. لكن تضخم الكون كان أكبر سرعة وأكثر تطرفا: فزيادة بنسبة لا يقل مقدارها عن مليار مليار مليار في زمن صغير، يمكن أن تؤدي إلى كثافة للكون تساوي الكثافة الحَرجة، والتي قد لاتزال شديدة القرب منها حتى الآن. لذلك، وإذا كانت نظرية التضخم صحيحة، يتعين على الكون أن يكون محتويا ما يكفي من المادة المظلمة لجعل كثافته مقاربة للكثافة الحرجة. وهذا يعني أن الكون قد ينقبض ثانية في نهاية المطاف، لكن ليس بعد زمن يزيد على خمسة عشر مليار السنة أو نحوها التي سيبقى خلالها آخذا بالتوسع.

ماذا يمكن للمادة المظلمة الإضافية أن تكون إذا كانت نظرية التضخم صحيحة ؟ يبدو أنها قد تكون مختلفة عن المادة العادية التي تتكون منها النجوم والكواكب . يمكننا حساب مقادير العناصر الخفيفة المختلفة التي يمكن أن تكون قد أنتجت في الأطوار الساخنة الأولى للكون خلال الدقائق الأولى بعد الانفجار الأعظم. إن مقادير هذه العناصر الخفيفة يعتمد على مقدار المادة العادية. لذلك، وإذا رسمنا مخططا بيانيا يُري مقادير تلك العناصر الخفيفة على المحور الشاقولي، ومقدار المادة العادية في الكون على المحور الأفقي، سوف نحصل على توافق جيد مع الوفرة من مقادير العناصر الخفيفة المرصودة إذا كان مقدار المادة العادية الكلي في الكون مساويا عُشر المقدار الحرج الحالي فقط. قد تكون هذه الحسابات غير صحيحة، لكن حقيقة أننا نحصل على تلك الوفرة من المقادير المرصودة من أجل عناصر مختلفة عدة أمر يستحق التأمل.

إذا كان للمادة المظلمة وجود، فإن المرشح الرئيسي لما يمكن أن تكون هي مخلفات بقيت من الأطوار المبكرة للكون. إن إحدى إمكانيات ذلك هي جسيمات أساسية، وهناك عدة مرشَّحات افتراضية لها، منها جسيمات نعتقد بإمكانية وجودها، إلا أننا لم نكتشفها حتى الآن. إلا أن الحالة الواعدة هي جسيم لدينا على وجوده دليل جيد، وهو

النيوترينو. كان يُظن أنه ليس للنيوترينو كتلة تخصه، لكن بعض الأرصاد الأخيرة أوحت بإمكانية امتلاكه لكتلة صغيرة. فإذا تم إثبات هذا ووجدنا لهذه الكتلة القيمة الصحيحة، استطاعت النيوترينوات توفير كتلة كافية لرفع كثافة الكون إلى القيمة الحرجة.

هناك إمكانية أخرى، وهي الثقوب السوداء. فمن المحتمل أن يكون الكون الأولي قد مر فيما يدعى *التحول الطوري*، ومثال هذا التحول هو غليان الماء أو تجمده. في أثناء هذا التحول، تتطور في الوسط المتجانس في البداية شذوذات من عدم الانتظام، وتتمثل، في حالة الماء، بتجمعات جليدية أو بفقاعات بخارية. ويمكن لهذه الشذوذات في الكون البدئي أن تكون قد انهارت لتشكل ثقوبا سوداء. فإذا كانت هذه الثقوب صغيرة، ستكون قد تبخرت في الماضي بسبب أثر مبدأ الارتياب الكمومي كما بينا سابقا. لكن إن كانت ذات كتل من رتبة بضعة مليارات الأطنان (وهي كتلة جبل)، يمكن أن تكون ما زالت موجودة حتى اليوم ، إلا أن كشفها أمر شديد الصعوبة.

إن السبيل الوحيد لكشف المادة المظلمة التي كانت موزعة بتجانس عبر الكون هو من خلال تأثيرها على توسعه، إذ نستطيع تحديد سرعة تباطؤ التوسع بقياس السرعة التي تبتعد المجرات النائية عنا بها. لكن الأمر الواقع هو أننا نرصد هذه المجرات كما كانت في الماضي البعيد عندما غادرها الضوء في رحلته إلينا. يمكننا رسم مخطط بياني لسرعات المجرات بدلالة بريقها أو حجمها الظاهريين، وهما مقياس لبعدها عنا. تمثل الخطوط المختلفة على هذا المخطط معدلات مختلفة لتباطؤ التوسع، والخط الذي ينحني يطابق كونا سوف ينقبض. للوهلة الأولى، تبدو الأرصاد مشيرة إلى الانقباض، لكن المشكلة هي أن البريق الظاهري للمجرة ليس مؤشرا جيدا على بعدها عنا. لا لأن ثمة اختلافات ملحوظة في البريق الأصلي للمجرات وحسب، بل لأن هناك دليلا أيضا على أن هذا البريق يتغير مع الزمن. وبما أننا لا نعرف المقدار الذي تغير به البريق، فإننا لا نستطيع أيضا تحديد معدل التباطؤ، وما إذا كان كبيرا بما يكفي لكي ينقبض الكون في النهاية، أم صغيرا ليجعل الكون يستمر بالتوسع إلى الأبد. لذلك علينا الانتظار حتى نطور وسائل و أساليب جديدة لقياس أبعاد المجرات عنا. مع ذلك، نستطيع أن نؤكد أن معدل التباطؤ ليس كبيرا إلى الحد الذي يجعل الكون ينقبض خلال بضعة مليارات السنين القادمة.

ليس في التوسع المستمر إلى الأبد، ولا في الانقباض بعد مئة مليار من السنين أو نحوها، من صورة مثيرة للمستقبل. أليس هناك ما نستطيع فعله لنجعل المستقبل أكثر إمتاعا و تشويقا ؟ قد يكون أحد السبل لتحقيق ذلك هو أن نوجه أنفسنا نحو ثقب أسود. يجب أن يكون ثقبا كبيرا تساوي كتلته أكثر من مليون ضعف من كتلة الشمس. لا تفقد الأمل، فهناك ثقب بهذا الحجم في مركز مجرتنا.

لسنا متيقنين مما يحصل داخل الثقب الأسود. هناك حلول لمعادلات النسبية العامة تسمح لنا بالسقوط في الثقب الأسود لنخرج من ثقب أبيض في مكان آخر من الكون. إن الثقب الأبيض هو المعكوس الزمني للثقب الأسود، تخرج منه الأشياء، لكن لا يستطيع شيء السقوط فيه. يمكن للثقب الأبيض أن يكون في مكان آخر من الكون، ويبدو أن ذلك يوفر إمكانية للسفر الكوني السريع. لكن المشكلة هي أن هذا السفر سريع جدا؛ لو كان السفر عبر الثقوب السوداء ممكنا، فليس هناك ما يمنعك من الوصول قبل أن تكون قد غادرت، حيث يمكنك آنئذ إبطال أمر قد يمنعك من هذا السفر.

ربما يكون من حسن حظنا ألاَّ تسمح قوانين الفيزياء بمثل هذا السفر الزمني. إذ يبدو أن هناك ***وكالة للحماية التوقيتية*** مهمتها جعل العالم مكانا آمنا للمؤرخين، وذلك بمنع السفر إلى الماضي. إن ما يحصل هو أن آثار مبدأ الارتياب الكمومي تتسبب بوجود مقدار هائل من الإشعاع لو سافر المرء إلى الماضي؛ و يؤدي هذا الإشعاع، إما إلى التفاف الزمكان على نحو عنيف جاعلا الرجوع عبر الزمن غير ممكن، أو أنه يدفع بالزمكان نحو نهايته في متفرد مثل الانفجار الأعظم أو الانقباض الأعظم. وفي الحالتين، يكون ماضينا آمنا من خطر الأشرار. إن فرضية الحماية التوقيتية مدعمةٌ ببعض الحسابات الجديدة التي أجريتها وأجراها أناس آخرون. لكن أفضل دليل لدينا على عدم إمكانية السفر عبر الزمن حاليا ومستقبلا هو أننا لم نُغزَ من قبل قوافل السياح القادمين من المستقبل.

وبإيجاز، يعتقد العلماء بأن الكون محكوم بقوانين محددة تماما تسمح من ناحية المبدأ بالتنبؤ بالمستقبل. إلا أن الحركة المعطاة بالقوانين عشوائية على الأغلب، وهذا يعني أن تغيرا طفيفا في الحالة الأولية لمنظومة ما يمكن أن يقود إلى تغيرات في التصرفات اللاحقة تتنامى بسرعة كبيرة. لذلك، ومن الناحية العملية، يمكن لنا التنبؤ بدقة لفترات قصيرة

الأجل فقط عبر المستقبل. لكن تصرف الكون على مداه الواسع يبدو بسيطا وليس فوضويا، لذلك يمكننا التنبؤ حول ما إذا كان سيستمر بالتوسع إلى الأبد، أم أنه سينقبض في نهاية المطاف. ويعتمد هذا على الكثافة الحالية للكون. وفي الواقع، تبدو الكثافة الحالية قريبة جدا من الكثافة الحرجة التي تفصل بين الانقباض والتوسع اللامحدود. فإذا كانت نظرية التضخم صحيحة، فإن الكون يقف فعلا على حد السيف، وبذلك أكون واحدا من العرافين والمتنبئين المحترفين الذين يضفون على رهاناتهم الإبهام بالتنبؤ بكلا الوجهين معا.

١٤- تسجيلات الجزيرة المهجورة
مقابلة إذاعية

بدأ بث برنامج *تسجيلات الجزيرة المهجورة* (Desert Island Discs) من قبل هيئة الإذاعة البريطانية BBC في عام ١٩٤٢، وهو أقدم برنامج تسجيلات مازال بثه قائما حتى الآن في الراديو، ويمثل اليوم نوعا من العرف الوطني في بريطانية. وقد استضاف هذا البرنامج عبر السنين شخصيات من مشارب مختلفة، وكانت هناك مقابلات مع كُتاب وممثلين وموسيقيين، وممثلي أفلام ومخرجيها، وأعلام رياضة ومهرجين وطهاة وبستانيين ومعلمين وراقصين وسياسيين، ورجالات من العائلة المالكة ورسامي الكاريكاتير ... والعلماء . ويُسأل الضيوف، الذين يُدعوْن دائما بالمبعدين، أن يختاروا التسجيلات الثمانية التي يرغبون اصطحابها معهم لو أنهم تُركوا وحيدين في الجزيرة المهجورة. كما يُسألون أن يحددوا شيئا ترفيهيا (يجب أن يكون جامدا وليس حيا) وكتابا ما لاصطحابهما معهم أيضا (يُفترض أن في الجزيرة كتابا دينيا ملائما، كالإنجيل أو القرآن أو ما يماثلهما، إضافة إلى أعمال شكسبير). من المسلم به أيضا وجود الوسيلة التي يتم تشغيل التسجيلات عليها في الجزيرة . في أيام البرنامج السابقة، كانت مقدمته تبتدئ بالقول: ***نفترض وجود غراموفون في الجزيرة مع عدد لا ينفد من الإبر اللازمة لتشغيل التسجيلات***. أما اليوم، فيفترض وجود قارئ CD مغذى بالطاقة الشمسية لاستخدامه لسماع التسجيلات.

يُبث البرنامج أسبوعيا، وتذاع التسجيلات التي يختارها الضيف في أثناء المقابلة التي تستغرق عادة أربعين دقيقة. أما هذه المقابلة مع ستيفن هوكينغ، والتي أُذيعت في يوم عيد الميلاد من عام ١٩٩٢، فقد كانت استثنائية واستغرقت أكثر من ذلك. أجرت المقابلة سو لولي ، وفيما يلي نصها:

سو : ستيفن، العزلة في الجزيرة المهجورة مألوفة لديك طبعا من نواح كثيرة، فأنت منقطع عن الحياة العادية ومحروم من أي وسيلة اتصال طبيعية. فما مدى الوحدة التي تشعر بها ؟

ستيفن: لا أعتبر نفسي منقطعا عن الحياة العادية، ولا أظن أن الناس من حولي سيقولون إنني كنت منقطعا عنها. إنني لا أشعر أنني شخص مُعاق، وإنما أنا مجرد مصاب

بتعطل عصبي الحركي، وذلك كما لو كنت مصابا بعمى الألوان. أظن أن من الصعب وصف حياتي بأنها عادية، لكنني أشعر أنها عادية روحيا.

سو : مع ذلك، فقد برهنت لنفسك، وخلافا لمعظم المبعدين في جزيرة الصحراء، أنك مكتفٍ ذاتيا عقليا وفكريا، وأن لديك ما يكفيك من النظريات والإلهامات للبقاء منشغلا.

ستيفن : أظن أنني انطوائي بطبعي إلى حد ما، وقد أرغمتني الصعوبات التي أعاني منها في التواصل على الاعتماد على نفسي. لكنني كنت متكلما عظيما في صباي، وما أحتاج إليه هو النقاش مع الآخرين لتحريضي على الكلام. إنني أجد في تقديم أفكاري للآخرين مساعدة كبيرة لي في عملي. حتى لو لم يقدموا لي أي مقترحات، فإن حقيقة وجوب ترتيب أفكاري على نحو يمكنني من شرحها للآخرين، يريني سبيلا جديدا نحو الأمام.

سو : لكن، ماذا عن المتطلبات العاطفية، ستيفن؟ حتى الفيزيائي اللامع يحتاج إلى الآخرين للحصول عليها.

ستيفن : إن الفيزياء عظيمة جدا، لكنها باردة كليا. و لم أكن لأستطيع متابعة حياتي مع زوجتي لو أنني اقتصرت على الفيزياء. وكغيري، أنا أحتاج إلى الدفء والحب والعطف. إنني محظوظ جدا، محظوظ أكثر من العديدين من الناس المصابين بمثل إعاقتي، حيث أتلقى الكثير من الحب والحنان. الموسيقى أيضا هامة جدا بالنسبة لي.

سو : أخبرني، أيهما يسعدك أكثر، الفيزياء أم الموسيقى؟

ستيفن : عليَّ أن أقول إن السعادة التي أحصل عليها عندما يعمل كل شيء على نحو جيد في الفيزياء أكبر كثيرا مما شعرت به طيلة حياتي مع الموسيقى. لكن حدوث مثل ذلك في الفيزياء لا يكون في حياة المرء سوى بضع مرات، في حين أنه يستطيع الاستماع إلى الموسيقى حينما يريد.

سو : ما هو التسجيل الأول الذي قد تستمع إليه في الجزيرة المهجورة ؟

ستيفن: *تسبيحة المجد لله* (Gloria) لباولنك. لقد استمعت إليها لأول مرة في الصيف الماضي في أسبن في كولورادو. إن أسبن هي منتجع للتزلج على الجليد بالدرجة الأولى، لكن تُعقد فيها في الصيف مؤتمرات وندوات عن الفيزياء. وكان إلى جوار مركز الفيزياء خيمة ضخمة أقيم فيها مهرجان للموسيقى. وبينما كنت أجلس لحساب ما يحصل عندما يتبخر ثقب أسود، كنت أستمع إلى التدريبات الموسيقية. وكان هذا رائعا ، فهو يجمع بين سعادتيَّ الاثنتين: الفيزياء والموسيقى. فإذا توفرتا لي في الجزيرة المهجورة، فلن أرغب بأن أنقذ وأُعاد منها حتى أحقق كشفا في الفيزياء النظرية أعلنه على الملأ. أعتقد أن وجود جهاز استقبال عبر الأقمار الصنعية لتلقي مقالات الفيزياء بوساطة البريد الإلكتروني، أمر مخالف للقواعد!

سو : يمكن للراديو أن يخفي الإعاقات الجسدية، لكنه يخفي الآن شيئا آخر؛ لقد فقدت صوتك عمليا منذ سبع سنين. فهل تُخبرني كيف حصل ذلك ؟

ستيفن: كان ذلك في صيف عام ١٩٨٥ حيث كنت أعمل على مسرع الجسيمات الكبير في مخابر CERN في جنيف، وكنت أزمع الذهاب إلى بيروث في ألمانيا للاستماع إلى سلسلة الأوبرا Ring لفاغنر . لكنني أصبت بمرض ذات الرئة، وأدخلت بسرعة إلى المستشفى، حيث تم إعلام زوجتي بأن من غير المجدي أن أضع آلة المساعدة على الحياة، علما بأنه لم يكن لديها شيء من هذا القبيل. عدت إلى مستشفى أدنبروكس في كامبريدج، وأجرى لي جراح يدعى روجر غراي عملية استئصال الرغامى. لقد أنقذت العملية حياتي، لكنها ذهبت بصوتي.

سو : لكن صوتك كان حينئذ، على أي حال، أجشَّ ومختلطا وصعب الفهم، أي أنك كنت سوف تفقد قدرتك على الكلام في الحالتين، أليس كذلك ؟

ستيفن : على الرغم من أن صوتي كان أجشَّ ومختلطا وصعب الاستيعاب، فإن الأناس المحيطين بي كانوا قادرين على فهمي. فقد كنت ألقي محاضرات من خلال شخص يردد ما أقول، وكنت أستطيع إملاء مقالات علمية. لكني بقيت لفترة بعد العملية محطما، وشعرت بأن لاجدوى من حياتي إذا لم أتمكن من استرجاع صوتي.

سو : بعدئذ، قرأ خبير حاسوب في كاليفورنيا عن محنتك وأرسل لك صوتا. كيف يعمل هذا الصوت؟

ستيفن : كان اسم ذلك الخبير والت وولتوس، وكانت حماته قد أصيبت بالحالة نفسها التي لدي، فطوَّر برنامج حاسوب لمساعدتها على التواصل. هناك شاشة عليها مؤشر، فإذا ما وقع على الخيار الذي ترغبينه، تقومين بتشغيل مفتاح بتحريك الرأس أو تحريك العين، أو باليد كما في حالتي. على هذا النحو، يمكنك انتقاء الكلمات التي تكتب على النصف السفلي من الشاشة؛ وعندما يفرغ المرء من بناء ما يريد قوله، يرسله إلى مُركِّب كلامي أو يحفظه على قرص الحاسوب.

سو : لكنها عملية بطيئة ؟

ستيفن : إنها بطيئة، فسرعتها لا تتعدى عُشر سرعة الكلام العادي. لكن الكلام الذي يعطيه المركِّب أوضح كثيرا الآن. يصف البريطانيون لهجته بأنها أمريكية، لكن الأمريكيين يقولون إنها اسكندنافية أو أيرلندية. مهما كانت، فالجميع يفهمونها. كان أبنائي الكبار معتادين على صوتي الطبيعي عندما أخذ بالتدهور، لكن ابني الصغير، الذي كان في السادسة عندما أجريت لي عملية الرغامى، لم يكن يستطيع فهمي من قبل. أما الآن فليس لديه أي صعوبة في ذلك، وهذا يعني الكثير بالنسبة لي.

سو : كما يعني أنك تستطيع طلب فترة جيدة قبل أن تجيب عن سؤال أي مذيع، وأن تقوم بالإجابة فقط عندما تكون بحالة جيدة وجاهزا لها، أليس كذلك ؟

ستيفن : من أجل البرامج الطويلة المسجلة، كهذا البرنامج، من المفيد أن تعطى الأسئلة مقدما تفاديا لاستخدام أشرطة تسجيل لساعات طويلة. على أي حال، يتيح هذا لي سيطرة أكبر على الموقف، مع أنني أفضل فعلا الإجابة عن الأسئلة ارتجالا، وأنا أقوم بهذا بعد المحاضرات والأحاديث العامة.

سو : لكن هذه العملية، كما ذكرت، وفَّرت لك سيطرة أفضل، وأنا أعلم أن هذا شيء هام بالنسبة إليك. يصفك أفراد أسرتك وأصدقاؤك أحيانا بأنك عنيد ومتفرد في رأيك. فهل تعترف بالذنب إزاء هذه الاتهامات ؟

ستيفن : إن أي شخص ذي عقل يوصف أحيانا بأنه عنيد. أما أنا، فأفضل أن أصف نفسي بأنني حازم. ولو لم أكن حازما نسبيا لما كنت الآن هنا.

سو : هل كنت دائما كذلك ؟

ستيفن : أنا أرغب فقط بأن أكون مسيطرا على حياتي كالآخرين، لأن حياة المعاقين غالبا ما تكون تحت سيطرة الآخرين، وليس هناك من شخص معافى جسديا يتسامح في ذلك.

سو : دعنا نستمع إلى التسجيل الثاني.

ستيفن : إنه *لحن الكمان* لبراهمس (The Brahms Violin Concerto). كان هذا أول تسجيل اشتريته، وذلك في عام ١٩٥٧، عندما ظهرت تسجيلات الـ ٣٣ دورة في الدقيقة في بريطانية. كان والدي يرى في شراء آلة تسجيل دلالا واستهتارا، لكنني أقنعته بأنني أستطيع تجميع واحدة من قطع أشتريها بسعر رخيص. وقد أعجبته الفكرة. وضعت منصة تدوير قرص التسجيل والمضخم في علبة غرامونون قديم؛ لو احتفظت بها، لكانت الآن ذات قيمة كبيرة. بعد تجميع الآلة، احتجت تسجيلا أديره عليها، فاقترح أحد رفاقي في المدرسة لحن الكمان لبراهمس، إذ لم يكن لدى أحد من مجموعتنا تسجيل له. وقد كلفني ذلك مبلغ ٣٥ شلنا، وكان مبلغا كبيرا في حينه، وخاصة بالنسبة لي. لقد ارتفعت أسعار التسجيلات الآن، إلا أنها في الواقع أرخص كثيرا مما كانت عليه. بدا لي هذا اللحن غريبا عندما استمعت إليه للمرة الأولى في دكان، ولم أكن واثقا من أنه قد أعجبني، لكنني شعرت بأن علي أن أقبله. ومع السنين أصبح يعني لي الكثير. إنني أرغب بالاستماع إلى مقدمة الحركة البطيئة فيه.

سو : قال أحد أصدقاء أسرتك القدامى إنها كانت، عندما كنت صبيا، متقدة الذهن، شديدة الذكاء، وغريبة الأطوار. هل ترى في هذا وصفا عادلا إذا ما عدت إلى الماضي؟

ستيفن : لا أستطيع التعليق على ما إذا كانت عائلتي ذكية، لكننا يقينا لم نشعر بأننا كنا غريبي الأطوار. أظن أننا بَدوْنا كذلك بسبب المعايير الاجتماعية لسانت ألبانس التي كانت مكانا رزينا ورصينا جدا عندما عشنا فيها.

سو : وكان والدك متخصصا بالأمراض الاستوائية ؟

ستيفن : بحث والدي في الطب الاستوائي. وقد ذهب إلى أفريقيا مرارا لتجريب عقاقير جديدة حقليا.

سو : وبذلك تكون والدتك صاحبة التأثير الأكبر عليك. فإذا كان الأمر هكذا، كيف تصف هذا التأثير؟

ستيفن : كلا؛ أعتقد أن التأثير الأكبر عليَّ كان من أبي. لقد نمذجتُ نفسي عليه، وشعرت بأن البحث العلمي هو الشيء الطبيعي الذي سأفعله عندما أكبر، لأن والدي كان باحثا علميا. الفارق الوحيد بيننا هو أنني لم أنجذب نحو الطب أو البيولوجيا لأنهما ظهرا لي وصفيَّين وغير دقيقين. لقد أردت شيئا أكثر جوهرية، ووجدته في الفيزياء.

سو : قالت والدتك إنه كان لديك دائما ما وصَفَتْه بأنه حس قوي بالانبهار؛ فقد قالت : *كنت أرى كيف كانت النجوم تشده*. هل تذكر ذلك؟

ستيفن : أذكر أنني كنت عائدا إلى البيت من لندن متأخرا في إحدى الليالي. في تلك الأيام، كانوا يطفئون أنوار الطرقات من أجل التوفير. لقد رأيت سماء الليل كما لو أني لم أكن قد رأيتها من قبل، تغطيها درب التبان من أقصاها إلى أقصاها. لن تكون هناك أنوار في الجزيرة المهجورة، وهذا يوفر لي منظرا جيدا للنجوم.

سو : من الواضح أنك كنت لامعا جدا في طفولتك، فقد كنت منافسا قويا لأختك في الألعاب في البيت، لكنك كنت في الواقع في مؤخرة صفك في المدرسة، ولم تكن تهتم لذلك، أليس كذلك ؟

ستيفن : كان هذا في سنيّ الأولى في مدرسة سانت ألبانس. وكان هذا الصف لامعا جدا، كما كان أدائي في الامتحان أفضل كثيرا منه في الصف. كنت متيقنا من أنني ذو أداء جيد، لكن خطي وعدم ترتيبي هما سبب كوني في المؤخرة.

سو : هل نستمع إلى التسجيل الثالث ؟

ستيفن : عندما كنتُ طالبا في المرحلة الجامعية الأولى في أوكسفورد، قرأتُ رواية ألدوس هكسلي *فكرة ضد فكرة* (Point Counterpoint). وقد قُصد بها أن تكون صورة للثلاثينيات، وحوت عددا كبيرا من الشخصيات التي كان معظمها جامدا إلى حد ما، باستثناء واحدة كانت لرجل أكثر إنسانية ومنمذجة - كما هو واضح - على هيكسلي نفسه. قتل هذا الرجلُ قائدَ الفاشيين البريطانيين - وهي شخصية مبنية على السير أوزوالد موسلي - وأعلم الحاضرين بعدئذ بما فعله، ثم وضع على الغراموفون لحنا لبيتهوفن (القطعة ١٣٢ من رباعية الوتر، String Quartet , Opus 132). وفي منتصف الحركة الثالثة، رد على طارق الباب فأطلق الفاشيون النار عليه. إنها رواية سيئة حقا، لكن هيكسلي كان على صواب في اختياره للموسيقى. ولو علمت أن موجة مدٍّ في طريقها لتغمر الجزيرة المهجورة، إذن لاستمعت إلى الحركة الثالثة من هذه الرباعية.

سو : ذهبتَ إلى الجامعة في أوكسفورد لدراسة الرياضيات والفيزياء، حيث عملت وسطيا ساعة واحدة في اليوم، وهذا بناء على حساباتك. لكنك شاركت في سباقات الزوارق وشربت البيرة وقمت بخدع حمقاء تجاه الآخرين بغرض المزاح والدعابة. هذا ما قرأته عنك. فماذا كانت المشكلة ؟ لماذا لم تكن تهتم بالعمل؟

ستيفن : كانت نهاية الخمسينيات، وكان معظم الشبان مخدوعين بما يُدعى البناء. فلم يكن هناك ما يتطلع إليه المرء سوى الغنى والوفرة. وكان المحافظون قد ربحوا حينئذ الانتخابات للمرة الثالثة وشعارهم : لم تكن أحوالكم أفضل من هذا *أبدا* . لذلك كنت أنا ومعظم أقراني مالّين من الحياة.

سو : ومع ذلك كنت قادرا على حل مسائل في بضع ساعات لم يكن زملاؤك من الطلاب قادرين على حلها في أسابيع. لقد لاحظوا، وفقا لما قالوه منذئذ، أنك تتمتع بموهبة استثنائية. هل تظن أنك كنت واعيا لها أيضا ؟

ستيفن : كانت دورة الفيزياء في أوكسفورد في تلك الأيام سهلة جدا، وكان يمكن اجتياز امتحاناتها دون حضور المحاضرات، والاكتفاء بحضور الدروس العملية مرة أو مرتين في الأسبوع. ولم يكن على المرء أن يتذكر الكثير من الحقائق، بل بضع معادلات فقط.

سو : كنتَ في أوكسفورد عندما لاحظتَ لأول مرة أن يديك وقدميك لاتطاوعك كما تريد. فكيف فسرتَ ذلك لنفسك في تلك الأيام ؟

ستيفن : في الواقع، كان أول ما لاحظته هو أنني لم أستطع التجديف في زورق السباق على نحو سليم. ثم حدث أن سقطت إلى أسفل الدرج في قاعة الطلاب العامة. ذهبتُ إلى طبيب الكلية لخشيتي من أن أكون قد أصبت بأذى في الدماغ، فقال لي ليس هناك مشكلة، وطلب مني تخفيض كمية البيرة التي أتناولها. وفي أثناء العطلة الصيفية التي تلت الامتحانات النهائية في أوكسفورد ذهبت إلى إيران. وعدت منها أضعف مما كنت، لكنني ظننت أن ذلك يعود إلى اضطراب معوي أصبت به.

سو : متى استسلمتَ وقبلتَ بأن لديك شيئا ما سيئا حقا، وقررتَ الحصول على استشارة طبية ؟

ستيفن : كنتُ في كامبريدج حينئذ، وذهبت إلى البيت بمناسبة عيد الميلاد، في الشتاء البارد جدا ما بين عامي ١٩٦٢ و ١٩٦٣. وقد أقنعتني أمي بالذهاب للتزلج على البحيرة في سانت ألبانس، رغم إدراكي لأني لست قادرا على ذلك. وسقطتُ أرضا، وعانيتُ من صعوبة كبيرة في الوقوف ثانية. وأدركتْ أمي أن هناك خللا ما، فأخذتني إلى طبيب الأسرة.

سو : وأمضيتَ ثلاثة أسابيع في المستشفى، وأخبروكَ بالحقيقة السيئة ؟

ستيفن : كان ذلك في الواقع في مستشفى بارت في لندن، لأن أبي كان على صلة بها، حيث بقيت لمدة أسبوعين تجرى لي الفحوصات والاختبارات، أُخبرتُ بعدها أنّ مرضي لم يكن تصلب الأنسجة المضاعف، وأن حالتي ليست حالة مألوفة. لم يخبروني عن أوضاعي، لكنني خمنت أنها سيئة للغاية، ولذلك لم أسأل عنها.

سو : لكنهم أخبروك في النهاية أن أمامك سنتين أو نحوهما فحسب لتعيش. دعنا نتوقف عند هذه النقطة من قصتك، ستيفن، لنستمع إلى التسجيل الرابع.

ستيفن : إنه المقطع الأول من *الفالكيري* (The Valkyrie). بعد أن تم تشخيص إصابتي بمرض العصب الحركي في عام ١٩٦٣، أخذت أستمع إلى موسيقى فاغنر التي لاءمت حالتي النفسية القاتمة آنذاك. إن الأوبرات الأربع في سلسلة Ring هي أعظم أعمال فاغنر، وقد ذهبت مع شقيقتي فيليبا لمشاهدتها في بيروث في ألمانيا في عام ١٩٦٤. لم أكن أعرف الـ Ring جيدا حينئذ، لكن الفالكيري، وهي الأوبرا الثانية في السلسلة، تركت لدي انطباعا قويا. كانت من إخراج فولفغانغ فاغنر، وكانت خشبة المسرح مظلمة تماما تقريبا. إنها قصة حب لتوءم، سيغمون وسيغلايند، اللذين افترقا في الطفولة، وعادا فالتقيا عندما هرب سيغمون لاجئا إلى بيت هوندينغ، زوج سيغلايند وعدو سيغمون. يشكل المقطع الذي اخترته ما رُسِم لسيغلايند لدى زفافها القهري إلى هوندينغ، حيث يدخل القاعة في منتصف الاحتفال رجل عجوز، وتعزف الفرقة الموسيقية مقطعا هو أجمل ما في مجموعة الـ Ring، فقد كان ذلك الرجل هو فوتان، قائد الآلهة ووالد سيغمون وسيغلايند. ويغمد الرجل سيفا في جذع شجرة، لكي يتناوله سيغمون. وفي نهاية المشهد، يسحب سيغمون السيف ويهرب الاثنان إلى الغابة.

سو : من خلال قراءاتي عنك، ستيفن، يبدو وكأن حكم الإعدام الذي تلقيتَه بأن أمامك نحو سنتين فقط تعيش فيهما، قد أيقظك وجعلك أكثر اهتماما بالحياة.

ستيفن : كان تأثير هذا الحكم في البداية الحزن وفقدان الأمل، وبدا لي أن حالتي أخذت تتدهور سريعا. لم يبدُ أن ثمة أي مغزى من فعل أي شيء حيال الدكتوراه، لأنني لم أكن أعلم أنني سوف أعيش من العمر ما يكفي لإنهائها. لكن تدهور

حالتي أخذ بالتباطؤ، وبدأتُ بتحقيق تقدم في عملي، وخاصة في البرهان على أنه يجب أن تكون هناك بداية للكون في انفجار أعظم.

سو : حتى أنك قلت في إحدى المقابلات إنك اليوم أكثر سعادة منك في فترة ما قبل المرض.

ستيفن : بالتأكيد أنا أسعد الآن. فقد كنت قبل إصابتي بمرض العصب الحركي ضجِرا من الحياة، لكن فكرة الموت المبكر جعلتني أعي أن الحياة تستحق أن تعاش فعلا. فثمة الكثير الكثير مما يمكن للمرء أن يفعله فيها. إن لدي شعورا بأنني أنجزت شيئا متواضعا، لكنه إسهام ذو مغزى في المعرفة الإنسانية. أنا محظوظ جدا، طبعا، لكن كل شخص يستطيع تحقيق شيء إذا حاول ذلك بجدية كافية.

سو : هل يمكن القول إنك ما كنت حققت ما حققته من إنجاز لو لم تُصبْ بالمرض، أم أن هذا تبسيط كبير؟

ستيفن : كلا، لا أظن أن مرض العصب الحركي يمثل فائدة لأي شخص. لكنه كان أقل سوءا بالنسبة لي منه لغيري، لأنه لم يمنعني من القيام بما أريد، أي بمحاولة فهم آلية عمل الكون.

سو : كان مُلهمك الآخر، عندما كنت تحاول إيجاد وسيلة للتعايش مع المرض، فتاة تدعى جين وايلد، التقيتَ بها في حفلة ووقعتَ في غرامها ومن ثم تزوجتها. فكم يمكنك أن تعزو إليها من نجاحك؟

ستيفن : بالتأكيد، لم أكن لأستطيع تدبير أموري دونها. فخطبتي لها انتشلتني من حمأة القنوط التي كنت فيها. وكان عليَّ من أجل أن نتزوج أن أحصل على وظيفة، وأن أعمل على إنهاء الدكتوراه. وأخذت أعمل بجد، واستمتعت بذلك، وقدمت جين الرعاية لي بمفردها عندما تدهورت حالتي. في تلك المرحلة، لم يعرض علينا أحد المساعدة، ولم يكن بوسعنا طبعا أن نقدم شيئا لقاء هذه المساعدة.

سو : وتحديتما الأطباء معا، ليس في بقائك على قيد الحياة فحسب، بل بإنجابكما أطفالا أيضا. لقد أنجبتما روبرت في عام ١٩٦٧، ولوسي، في عام ١٩٧٠، ثم تيموثي في عام ١٩٧٩. هل فاجأ ذلك الأطباء ؟

ستيفن : في الواقع، إن الطبيب الذي شخَّص مرضي، غسل يديه مني، فقد شعر بأن ليس هناك ما يفعله؛ ولم أره أبدا بعد التشخيص. وأصبح والدي بالتالي هو طبيبي، وإليه لجأت طالبا النصيحة، ومنه علمت أنه ليس هناك من دليل على أن المرض وراثي. وتمكنت جين من العناية بي وبالطفلين، ولم نحتج إلى مساعدة من الآخرين إلا عندما ذهبنا إلى كاليفورنيا في عام ١٩٧٤، حيث عاش معنا طالب في بداية الأمر ، ثم استعنَّا بالممرضات.

سو : لكنكما لا تعيشان، أنت وجين، الآن معا.

ستيفن : بعد عملية الرغامى احتجت إلى عناية على مدى الأربع والعشرين ساعة يوميا، مما سبَّب ضغطا كبيرا على حياتنا الزوجية، فانتقلت من البيت، وأنا أعيش الآن في شقة جديدة في كامبريدج. إننا نعيش حاليا منفصلين.

سو : دعنا نستمع إلى بعض الموسيقى.

ستيفن : لنستمع إلى أغنية الخنافس ***أسعدني من فضلك*** (Please Please me). بعد خياراتي الأربعة الأولى من الموسيقى الجادة، أشعر بأني بحاجة إلى بعض ما يروح عن النفس. كان ظهور الخنافس بالنسبة لي وللكثيرين نوعا من إعطاء نفَس من الهواء النقي لمسرح الموسيقى الشعبية التافه والمعتل. لقد كنت معتادا على سماع الأغنيات العشرين الأوائل من راديو لوكسمبورغ في أمسيات أيام الآحاد.

سو : على الرغم من كل التشريفات التي أضفيت عليك - وأذكر منها على وجه الخصوص أنك أستاذ الرياضيات اللوكاسي في كامبريدج، وهو كرسي نيوتن- قررت أن تؤلف كتابا شعبيا عن عملك لسبب بسيط جدا على ما أظن. لقد كنت محتاجا إلى المال.

ستيفن : صحيح أنني أجني مبلغا متواضعا من المال من كتاب شعبي، لكن السبب الرئيسي وراء تأليفي كتاب ***موجز تاريخ الزمن*** هو أنني استمتعت بذلك. لقد أثارتني الاستكشافات التي حصلت في خلال الخمس والعشرين سنة الماضية، ورغبت بإخبار الناس عنها، و لم أكن أتوقع النجاح الذي لاقاه.

سو : حقا، فقد كسر جميع الأرقام القياسية ودخل في سجل غينيس للأرقام القياسية بسبب طول الفترة التي بقي فيها على لائحة الكتب الأكثر مبيعا، و لم يزل عليها. لا يعرف أحد عدد النسخ التي بيعت منه على نطاق العالم، لكن من المؤكد أن عددها يفوق عشرة الملايين. من الواضح أن الناس يشترونه، لكن السؤال المطروح هو: هل يقرؤونه ؟

ستيفن : أعرف أن الكتاب قد استعصى على برنارد ليفن في الصفحة التاسعة والعشرين، لكنني أعرف أن الكثير من الناس وصلوا إلى أبعد من ذلك. فمن كل أنحاء العالم، يأتي الناس إلي ويخبرونني عن مقدار استمتاعهم به. قد لايكونون قد قرؤوه كاملا أو فهموا كل ماقرؤوه، لكنهم تعرفوا على الأقل على فكرة أننا نعيش في كون محكوم بقوانين عقلانية نستطيع اكتشافها وفهمها.

سو : كان مفهوم الثقب الأسود هو الذي راق خيال الناس وجدد الاهتمام بعلم الكون. هل قمت في حياتك بمراقبة كل هذه النجوم ***لتذهب بجسارة إلى حيث لم يذهب إنسان من قبل*** ؟ وإن فعلت، هل استمتعت بذلك ؟

ستيفن : قرأت الكثير من روايات الخيال العلمي في صباي. لكنني الآن، وأنا أعمل شخصيا في المجال نفسه أجد أن معظم تلك الروايات سطحي إلى حد ما. إنه لمن السهل أن تكتب عن الانطلاق في الفضاء المتعدد وعن أخذ الناس فيه، إذا لم يكن عليك جعل ذلك جزءا من مشهد متماسك. إن العلم الحقيقي أشد إثارة لأنه يحصل فعلا هناك. لم يكتب رواة الخيال العلمي عن الثقوب السوداء قبل أن يفكر بها الفيزيائيون. والآن لدينا دليل جيد على وجود عدد منها .

سو : ماذا يحصل لو أنك سقطت في ثقب أسود ؟

ستيفن : كل من يقرأ روايات الخيال العلمي يعلم ما يحصل إن سقطتِ في ثقب أسود؛ ستتحولين إلى سباغيتي. لكن الأمر الأكثر إثارة هو أن الثقوب السوداء ليست سوداء تماما، فهي تصدر جسيمات وإشعاعات بمعدل مستقر . وهذا يجعل الثقب الأسود يتبخر ببطء، لكن ما يحصل في النهاية للثقب الأسود ولمحتوياته ليس معروفا. إن هذا مجال مثير للبحث، وكتّاب الخيال العلمي لم يصلوا إليه بعد.

سو : يُدعى ذلك الإشعاع الذي ذكرته بإشعاع هوكينغ؛ طبعا لم تكن أنت من اكتشف الثقوب السوداء، لكنك قمت بإثبات أنها ليست سوداء. إن اكتشافها هو الذي دفعك إلى التفكير جديا في أصل الكون، أليس كذلك ؟

ستيفن : يشبه انهيار نجم لتشكيل ثقب أسود من نواح عدة المعكوس الزمني لتوسع الكون. فالنجم ينهار من حالة ذات كثافة منخفضة نسبيا إلى حالة ذات كثافة عالية جدا، في حين أن الكون يتوسع من حالة ذات كثافة عالية جدا إلى حالات ذات كثافة أقل. لكن ثمة فرق هام: فنحن موجودون في خارج الثقب الأسود، لكننا في داخل الكون. وكلاهما مميز بالإشعاع الحراري.

سو : قلت إن ما يحصل للثقب الأسود ولمحتوياته في النهاية ليس معروفا. لكن أظن أن النظرية ترى أنه مهما حصل، ومهما كان الذي يختفي في الثقب الأسود، بما في ذلك رجل الفضاء، فإنه سيتحول إلى إشعاع هوكينغ.

ستيفن : إن طاقة كتلة رجل الفضاء ستتحوَّل إلى إشعاع يصدر من الثقب الأسود، لكن رجل الفضاء ذاته، حتى الجسيمات التي يتكون منها جسده، لا تخرج من الثقب. والسؤال هو: مالذي يحصل له ولها ؟ هل تتحطم، أم تعبر إلى كون آخر ؟ إن هذا هو ما أتمنى أن أعرفه، لا أن أفكر بالقفز في ثقب أسود.

سو : ستيفن، هل تعمل تبعا للحدس والبداهة - بمعنى هل تصل إلى النظرية التي تعجبك وتروق لك فتأخذ بالبرهان عليها ؟ أم يتعين عليك، كعالم، أن تشق طريقك منطقيا نحو حسابها دون أن تحاول تخمينها مسبقا ؟

ستيفن : أعتمد على الحدس كثيرا، وأحاول تخمين النتيجة، لكن عليَّ أن أبرهن عليها بعدئذ. وفي تلك المرحلة، غالبا ما أجد أن ما فكرت به ليس صحيحا أو أن

المطلوب هو شيء آخر لم يخطر على بالي. وعلى هذا النحو وجدت أن الثقوب السوداء ليست سوداء تماما، عندما كنت أحاول البرهان على أمر آخر.

سو : هل نستمع إلى المزيد من الموسيقى ؟

ستيفن : كان موتزارت دائما واحدا ممن أُفضِّلهم. لقد كتب كما هائلا من الموسيقى. في مناسبة عيد ميلادي الخمسين الذي احتفلت به هذا العام، أُهديت أعماله الكاملة مسجلة على قرص CD ، ومدتها تزيد على مئتي ساعة. ما زلت أحاول استكمال الاستماع إليها، لكنني وجدت أن أعظم مقاطعها هو *الترتيلة الجنائزية* (Requiem) . توفي موتزارت قبل إكمال الترتيلة، فأتمَّها واحد من طلابه من أجزاء متفرقة كان قد خلَّفها. واللحن الافتتاحي الذي سنستمع إليه الآن هو الجزء الوحيد الذي كتبه ووزعه موتزارت نفسه.

سو : أرجو معذرتي، ستيفن، بسبب محاولتي التطرف في تبسيط نظرياتك؛ لقد اعتقدتَ يوما ما، كما أفهم، أن هناك لحظة خلق هي الانفجار الأعظم، إلا أنك تخليت عن هذه الفكرة. فأنت تعتقد الآن أنه لم تكن هناك بداية، ولن تكون هناك نهاية، وأن الكون مكتمل بذاته. هل يعني هذا عدم وجود حدث اسمه الخلق، وبالتالي ليس هناك مكان للإله ؟

ستيفن : نعم، لقد بسَّطتِ الأمور كثيرا؛ أنا مازلت أعتقد بأن للكون بداية في الزمن الحقيقي، حصلت في الانفجار الأعظم، لكن هناك نوعا آخر من الزمن هو الزمن التخيُّلي، وهو متعامد مع الزمن الحقيقي، وليس فيه للكون بداية أو نهاية. هذا يعني أن الطريقة التي بدأ فيها الكون يمكن أن تتحدد بواسطة قوانين الفيزياء. ليس علينا أن نقول إن الله اختار ابتداء الكون على نحو اعتباطي لا نستطيع فهمه. إن القوانين لا تقول شيئا عن وجود الله.

سو : لكن إذا كانت هناك إمكانية لعدم وجود إله، فكيف تعلل كل تلك الأشياء البعيدة عن متناول العلم: حب الناس لك وثقتهم بك وبإلهاماتك، سابقا ولاحقا ؟

ستيفن : ينتمي الحب والإيمان والأخلاق إلى صنف آخر من الفيزياء، إذ لانستطيع من خلال قوانينها استنتاج الكيفية التي على المرء التصرف بموجبها. لكنني آمل أن

يقودنا التفكير المنطقي الذي تنطوي عليه الفيزياء والرياضيات نحو التصرف الأخلاقي.

سو : لكنني أظن أن كثيرا من الناس يشعرون بأنك كفرت بالله عمليا؛ هل تنكر ذلك ؟

ستيفن : إن كل ما أوضحه عملي هو أنه لا يتعين عليك القول إن الكيفية التي ابتدأ بها الكون كانت نزوة إلهية. لكن مازال أمامنا السؤال التالي: لماذا يهتم الكون بالوجود ؟ إذا أردتِ، يمكنكِ تعريف الإله أنه جواب ذلك السؤال؟ .

سو : دعنا نستمع إلى التسجيل السابع ؟

ستيفن : إنني شديد الشغف بالأوبرا. لقد راودتني فكرة أن أختار جميع التسجيلات الثمانية من الأوبرا، من غلوك و موتزارت، مرورا بفاغنر، إلى فردي وبوسّيني. لكنني قلصتها إلى اثنتين، اخترت أولاهما لفاغنر، وقررت أن تكون الثانية لبوسّيني . إن *الطوراني* (Turandot)، هي أعظم أعماله، وقد توفي أيضا قبل إتمامها. والمقطع الذي اخترته من الأوبرا يدور حول اغتصاب أميرة في الصين القديمة واختطافها من قبل المغوليين. وللثأر من أجل ذلك، يطرح الطوراني على خُطّابها ثلاثة أسئلة يُقتلون إذا لم يجيبوا عليها.

سو : ما الذي يعنيه لك عيد الميلاد ؟

ستيفن : إنه يشبه عيد الشكر الأمريكي إلى حد ما. فهو مناسبة يكون فيها المرء مع أسرته ويقدم الشكر على السنة التي مضت. وهو أيضا وقت التطلع إلى السنة الجديدة التي يُرمز إليها بولادة طفل في إسطبل.

سو : من الناحية المادية، ما هي الهدايا التي ترغب بها، أم أنك مكتفٍ تماما في هذه الأيام مما يجعل منك الرجل الذي يملك كل شيء؟

ستيفن : أفضل المفاجآت. فإذا طلبتِ شيئا محددا، فإنك لاتدَعين لمقدم الهدية أي حرية أو فرصة لاستخدام خياله. لكني لا أمانع في الكشف عن أنني مغرم بالشوكولا.

سو : ستيفن، لقد عشتَ حتى الآن نحو ثلاثين عاما فوق ما تم التنبؤ به. وأصبحت أبا لأطفال كنتَ قد أُخبرتَ بأنك لن تنجبهم، وألّفت كتابا كان الأكثر مبيعا، وقلبت اعتقادات مزمنة حول المكان والزمن رأسا على عقب. ما هو الشيء الذي تخطط لفعله أيضا قبل أن تغادر هذا الكوكب ؟

ستيفن : كل ذلك كان ممكنا لأنني كنت محظوظا جدا بتلقي الكثير من العناية والمساعدة. إنني مسرور بما استطعت أن أنجزه، إلا أن هناك الكثير مما أرغب فعله قبل أن أغادر. لن أتكلم عن حياتي الخاصة، وإنما أريد، من الناحية العلمية، أن أعرف كيفية توحيد الثقالة مع ميكانيك الكم وقوى الطبيعة الأخرى. وعلى وجه الخصوص، أريد أن أعرف ما يحصل للثقب الأسود عندما يتبخر.

سو : لنستمع الآن إلى التسجيل الأخير.

ستيفن : سوف أجعلكِ تُهجّين ما يلي، لأن مُركّب الكلام أمريكي اللهجة، ولا أمل منه في اللغة الفرنسية. إنها أغنية إديث بياف ***أنا لا أندم على شيء*** "Je ne regrette rien" . إنها أغنية تلخص مجمل حياتي.

سو : ستيفن، لو سُمح لك بأخذ تسجيل واحد فقط من بين هذه التسجيلات الثمانية، فأيًّا منها تختار ؟

ستيفن : إنها ترتيلة موتزارت Requeim، وسأستمع إليها حتى تنفد طاقة بطارية آلة التسجيل.

سو : وما هو كتابك المفضل ؟ إن أعمال شكسبير الكاملة والإنجيل في انتظارك طبعا.

ستيفن : أظن أنني سآخذ كتاب Middlemarch لجورج إليوت. أعتقد أن امرأة، لعلها فرجينيا وولف، قد قالت إنه كتاب للكبار. لست متيقنا من أنني قد كبرت، لذلك سوف أبذل جهدي فيه.

سو : ماذا عن الكماليات؟

ستيفن : سأطلب كمية كبيرة من الكْريما المحروقة، فهي لي خلاصة الكماليات.

سو : أي أنك لن تطلب الشوكولا، بل ستكتفي بكمية كبيرة من الكْريما المحروقة.
دكتور ستيفن هوكيغ، شكرا جزيلا لك لأنك أتحت لنا الاستماع إلى تسجيلات الجزيرة المهجورة التي اخترتها ، و أتمنى لك عيد ميلاد سعيد.

ستيفن : شكرا لكم على اختياركم لي. أتمنى لكم جميعا عيد ميلاد سعيد من الجزيرة المهجورة، وأراهن على أن الطقس لديَّ أفضل مما هو لديكم .

فهرس

المحتويات

الثقـــوب الســـوداء والأكـــوان الطفلـــة ومواضيـــع أخــــرى = Black holes and baby universes and other ...... / ستيفن هوكينغ؛ ترجمة حاتم النجدي؛ مراجعة عبد الحليم منصور.ـــ دمشق: دار طلاس، ١٩٩٨.ـــ ١٥١ ص؛ ٢٤سم.

١ ـ ٥٢٣،١ هـ و ك ث　　٢ ـ العنوان　　٣ ـ العنوان الموازي
٤ ـ هوكينغ　　٥ ـ النجدي

مكتبة الأسد

رقم الإيداع : ٨٢/ ١ / ١٩٩٨　　رقم الإصدار ٧٦٨

رقـم: ٤١٦٠١
تاريخ: ١٩٩٨/٣/١٠